

Universität Bayreuth  
Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Empirische Studie zu Motivation, Einstellung  
und Wissen von Jugendlichen

Selbstgesteuertes Lernen mit dem Thema  
„Erneuerbare Energien“

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

- Dr. rer. nat. -

der Fakultät Biologie, Chemie und Geowissenschaften  
an der Universität Bayreuth

vorgelegt von

Maximiliane Schumm

2016



Diese Arbeit wurde von März 2013 bis Februar 2016 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Bayreuth unter der Leitung von Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth genehmigten Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.).

Dissertation eingereicht am 09.02.2016

Zulassung durch die Promotionskommission: 17.02.2016

Wissenschaftliches Kolloquium: 21.07.2016

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Stefan Schuster

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz X. Bogner (Erstgutachter)

Prof. Dr. Volker Ulm (Zweitgutachter)

Prof. Dr. Thomas Köllner (Vorsitz)

Prof. Dr. Stefan Peiffer





## Inhaltsverzeichnis

A Summary .....	5
B Zusammenfassung .....	7
C Ausführliche Zusammenfassung .....	9
1.    Einleitung .....	9
2.    Theoretischer Hintergrund .....	10
2.1  Naturwissenschaftliche Allgemeinbildung und STSE .....	10
2.2  Motivation (gegenüber Naturwissenschaften) .....	11
2.3  Umwelteinstellung und Umweltverhalten .....	12
2.4  Einflüsse auf Wissen und Lernen von Jugendlichen .....	13
3.    Fragestellungen und Ziele der Arbeit .....	14
4.    Methoden .....	16
4.1  Teilnehmer und Studiendesign .....	16
4.2  Erhebungsinstrumente und Datenauswertung .....	16
4.3  Genaue Beschreibung der Interventionen .....	19
5.    Ergebnisse und Diskussion .....	22
5.1  Teilstudie A: Replikationsstudie zum SMQ-II .....	22
5.2  Teilstudie B: Zusammenhang zwischen Motivation gegenüber Naturwissenschaften und kognitiven Leistungen von Jugendlichen .....	24
5.3  Teilstudie C: Zusammenhang zwischen Umwelteinstellung auf und kognitiven Leistungen von Jugendlichen .....	26
5.4  Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Studie für Unterricht und Forschung .....	27
D Literaturverzeichnis der Zusammenfassung .....	30
E Teilarbeiten .....	36
1.    Publikationsliste .....	36
2.    Darstellung des Eigenanteils .....	37
3.    Teilarbeit A: .....	38
4.    Teilarbeit B: .....	56
5.    Teilarbeit C: .....	75
F Anhang .....	91
Danksagung .....	104
(Eidesstattliche) Versicherung und Erklärung .....	105

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird an einigen Stellen im Text auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. In diesem Fall gelten die Personenbezeichnungen gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

## A Summary

The continuing growth of Earth's population is accompanied by an increasing demand for energy; associated with topics like global warming, supply shortfall and energy justice. To deal with these challenges is the big issue of the 21<sup>st</sup> century (Armaroli & Balzani, 2006). To handle future problems appropriately or even prevent the worst ones, we need the skills and knowledge to make suitable energy-related decisions and to act in accordance with the best interests of the planet (DeWaters & Powers, 2013). Which action alternatives a person may choose depends on their individual knowledge, on their skills to process this knowledge and on their attitude towards the options available for action. Therefore, an average citizen needs a certain level of literacy empowering him or her to live sustainably with nature and the environment (DeBoer, 2000). Being scientifically motivated is a relevant factor for becoming scientifically literate (Glynn, Brickman, Armstrong & Taasoobshirazi, 2011). Furthermore, also environmental attitude plays an important role for the actions of an individual (e.g. Roczen, Kasier, Bogner & Wilson, 2013).

Based on a learning module about renewable energies, we analyzed the relationship of science motivation and environmental attitudes with the learning outcome. 232 students aged between 15-17 participated in our learning module and the accompanying study. A test-retest group (acting as control group) of 37 students completed only the questionnaires of the accompanying study without any intervention.

The study group completed a cognitive achievement test about renewable energies three times:

- Pretest - one week prior to participation in the learning module
- Retest 1 - directly after participation in the learning module
- Retest 2 - six weeks after participation in the learning module.

The following questionnaires have been applied once:

- Science Motivation Questionnaire (SMQ-II, Glynn et al., 2011) for assessment of science motivation
- Big-Five-Inventory-10 (BFI-10, Rammstedt & John, 2007) for assessment of personality traits
- 2-MEV (*Two Major Environmental Values*, z.B. Bogner & Wiseman, 2006)
- GEB (*General Ecological Behavior*, Kaiser, Oerke & Bogner, 2007) to collect data about environmental attitudes and environmental behavior

In **study A** we found the SMQ-II to be providing useful information matching with findings in literature and to fulfill the needed quality criteria. Loading pattern, statistical parameters, interpretability of the results and confirming of findings in literature (e.g. Glynn et al., 2011; Ryan & Deci, 2000) reveal its applicability. Overall science motivation of girls and boys were on the same level. However, data showed a higher perceived self-determination for girls, that compensated for their lower beliefs of self-efficacy. The

## A Summary

contrasting pattern was found for boys. Additionally, the Big Five personality traits and science motivation components show little relationship. In **study B** by analyzing the results of SMQ-II and knowledge tests, highly motivated students were detected as performing better in the pretest compared to less motivated students. This advantage of the motivated students remained in the retests. In particular, intrinsic factors like interest and self-efficacy are shown to be responsible for this relationship. Examination of the relationship between knowledge and learning of the students with their environmental attitudes (2-MEV) and behavior (GEB) in **study C** revealed learning success as positively related with preservation preferences (for girls) as well as with behavior-based scores (for girls and boys). For boys, high preferences in utilization/exploitation were negatively correlated with learning achievement scores.

Altogether, science motivation as well as environmental attitudes and reported behavior have a relevant relation with specific knowledge about renewable energies for adolescents. Attitudes seemed to be an influencing factor on learning in our three-hour intervention, in contrast science motivation might have rather long-term influence on students' knowledge. Our results are underpinning the relevance of science motivation as well as pro-environmental attitudes and reported behavior for the development of scientific literacy and energy-related knowledge.

## B Zusammenfassung

Die Bevölkerung der Erde wächst mit dramatischer Geschwindigkeit. Damit eng verbunden ist der weltweite Hunger nach Energie. Globale Herausforderungen wie Klimawandel, Versorgungssicherheit oder Energiegerechtigkeit sind in diesem Zusammenhang zwangsläufig Brennpunkte des 21. Jahrhunderts, denen es zu begegnen gilt (Armaroli & Balzani, 2007). Ob wir bevorstehende Aufgaben meistern werden oder Problemen sogar vorbeugen können, wird unter anderem davon abhängen, ob der Durchschnittsbürger angemessene energierelevante Entscheidungen treffen und diese in Handlungen übersetzen kann (DeWaters & Powers, 2013). Für welche Handlungsalternative sich ein Mensch entscheidet, hängt von dessen individuellem Wissen und seinen Kompetenzen, dieses Wissen zu verarbeiten, ab, sowie natürlich von den Einstellungen, mit denen er ihm bekannten Handlungsalternativen gegenüber steht. Für die Aneignung naturwissenschaftlicher Allgemeinbildung, die ein mündiger Bürger benötigt, um verantwortungsvoll und nachhaltig leben zu können (DeBoer, 2000), ist die Motivation, sich mit naturwissenschaftlichen Thematiken auseinanderzusetzen, ein relevanter Faktor (Glynn, Brickman, Armstrong & Taasobshirazi, 2011). Neben der Motivation spielt auch die Wertschätzung, die ein Mensch der Natur entgegenbringt, eine Rolle (z.B. Roczen, Kaiser, Bogner & Wilson, 2013).

Das Ziel dieser Studie war es, basierend auf einem Lernmodul zum Thema Erneuerbare Energien, die *Motivation gegenüber Naturwissenschaften* und *Umwelteinstellungen* in Zusammenhang mit dem fachspezifischen Wissen und kognitiven Lernleistungen von Jugendlichen zu bringen. Dazu nahmen 232 Schüler der 10. Jahrgangsstufe im Alter von 15 bis 17 Jahren aus fünf fränkischen Gymnasien an unserem Lernprogramm und seiner Begleitstudie teil. Die Teilnehmer beantworteten zu drei Messzeitpunkten einen Wissensfragebogen mit projektspezifischen Fragen:

- Der Vortest wurde etwa eine Woche vor,
- der Nachtest unmittelbar im Anschluss und
- der Behaltenstest etwa sechs Wochen nach Teilnahme am Lernmodul ausgefüllt.

Außerdem wurde zu jeweils einem Testzeitpunkt die

- *Motivation gegenüber Naturwissenschaften* mit dem Science Motivation Questionnaire II (SMQ-II, Glynn et al., 2011),
- Persönlichkeitsmerkmalen, mit dem Big-Five-Inventory-10 (BFI-10, Rammstedt & John, 2007), sowie
- Umwelteinstellung mit dem 2-MEV (*Two Major Environmental Values*, z.B. Bogner & Wiseman, 2006) und
- Umweltverhalten, mit dem GEB (*General Ecological Behavior*, Kaiser, Oerke & Bogner, 2007) erhoben.

Die statistische und inhaltliche Validierung des SMQ-II in **Studie A** ergab, dass der SMQ-II für den Einsatz bei Jugendlichen ein empirisch überzeugendes Instrument zur Erhebung der Motivation gegenüber Naturwissenschaften ist. Seine Faktorenstruktur, die statistischen Kennwerte und die Interpretierbarkeit der Ergebnisse, die sich auch mit der Literatur decken (z.B. Glynn et al., 2011; Ryan & Deci, 2000), bestätigen seine Anwendbarkeit. Jungen und Mädchen waren gleichermaßen motiviert. Allerdings unterschied sich die Art ihrer Motivation. Während Studienteilnehmerinnen von höherer Selbstbestimmtheit und niedrigerer Selbstwirksamkeit berichteten, war bei Studienteilnehmern genau das gegenteilige Muster zu erkennen. In **Studie B** konnten wir mit Hilfe des SMQ-II und der wiederholten Wissenstests feststellen, dass Schüler, die motiviert gegenüber Naturwissenschaften waren, bereits beim Vorwissen zum Thema *Erneuerbare Energien* einen Vorsprung gegenüber wenig motivierten Schülern hatten. Dieser Wissensvorteil zog sich auch durch alle weiteren Testzeitpunkte. Besonders intrinsische Faktoren, wie Interesse und Selbstwirksamkeit, spielten in diesem Zusammenhang eine große Rolle. In **Studie C**, in der Einstellung (2-MEV) und berichtetes Verhalten (GEB) mit dem Wissen und Lernen der Schüler in Relation gesetzt wurden, konnte gezeigt werden, dass Umwelteinstellung und berichtete Verhaltensweisen mit dem Lernen von Jugendlichen zusammenhängen. Für männliche Studienteilnehmer war eine geringe Präferenz für Umwelt(aus)nutzung entscheidend für den Lernerfolg, während Mädchen mit einer hohen Umweltschutz-Präferenz besonders gute Resultate in Nach- und Behaltenstest erzielen konnten. Ein berichtetes umweltfreundliches Verhalten korrelierte sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen positiv mit dem Lernerfolg.

Sowohl die Motivation gegenüber Naturwissenschaften als auch die Umwelteinstellung und das berichtete Verhalten standen im Zusammenhang mit spezifischem Wissen über Erneuerbare Energien von Jugendlichen. Während die Einstellung bereits bei unserer dreistündigen Intervention für den Lernerfolg eine Rolle spielte, ist für den Einfluss der Motivation ein eher langfristiger Effekt zu vermuten. Insgesamt untermauern die Studienergebnisse die Relevanz von Motivation gegenüber naturwissenschaftlichen Themen und von positiven Umwelteinstellungen für die Aneignung einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung.

## C Ausführliche Zusammenfassung

### 1. Einleitung

Was Energie genau ist, ist in der Alltagssprache schwer auf den Punkt zu bringen. Energie ist eine allgegenwärtige Größe, die in Form von Wärme, Licht oder Bewegung wahrnehmbar wird. Die gesamte Entwicklungsgeschichte der Menschheit ist auch mit den jeweiligen Möglichkeiten verknüpft, Energie für eigene Zwecke zu nutzen, sei es die Verfügbarkeit energiereicher Nahrung, die Beherrschung des Feuers oder die Ausbeutung fossiler Brennstoffe (DeWaters & Powers, 2013). Heute fußt der Lebensstandard unserer Gesellschaft auf der Nutzung eben dieser begrenzten Rohstoffe: uneingeschränkte Mobilität, Wirtschaftswachstum, Komfort, zuverlässige Versorgung mit Nahrungsmitteln und Wohlstand wären ohne Erdgas, Kohle und vor allem Erdöl momentan noch undenkbar. Die Gesellschaft sieht sich allerdings auch immer stärker mit den Folgen dieses verschwenderischen Umgangs mit fossiler Energie konfrontiert, denn eben genannte Rohstoffe sind nicht unbegrenzt verfügbar, und noch bevor die Rohstoffe aufgebraucht sind, drohen die ökologischen Folgen dieser Nutzung das größere Problem zu werden. Die Energiefrage zu lösen ist die große Herausforderung des 21. Jahrhunderts (Armaroli & Balzani, 2007). Ob wir die Schlüssel zu den uns bevorstehenden Aufgaben finden können, wird unter anderem davon abhängen, ob Durchschnittsbürger die Kompetenz haben, angemessene energierelevante Entscheidungen zu treffen. Diese Entscheidungen beginnen damit, ein geeignetes Transportmittel zu wählen („Fahre ich mit dem Zug oder nehme ich das Flugzeug?“) und enden damit, einer Partei seine Stimme zu geben (DeWaters & Powers, 2013), die eine adäquate Energiepolitik in ihrem Programm propagiert. Für welche Handlungsalternative sich ein Mensch entscheidet, hängt von seinem individuellen **Wissensstand** zum Thema ab, von den erworbenen Kompetenzen, das Wissen zu verarbeiten und von seiner **Einstellung**, mit der er seinen Handlungsalternativen gegenüber steht. Ein mündiger Bürger muss also über ein Mindestmaß an Allgemeinbildung verfügen, um nachhaltig leben zu können (DeBoer, 2000). Die Basis für diese Allgemeinbildung wird in der Schule gelegt (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henrikson & Hemmo, 2007).

Wie oben beschrieben, betrifft uns das Thema *Energie* auf vielen Ebenen. Um dieser Vielschichtigkeit gerecht zu werden, sollte das Zusammenspiel zwischen Naturwissenschaft, Technologie und Gesellschaft auch bei der Konzeption von Lerninhalten zum Thema Energie besonders berücksichtigt werden (DeWaters & Powers, 2013). Dieser Kerngedanke, der unter anderem von Aikenhead (2003) als STS (abgekürzt von Science, Technology und Society) beschrieben wird, wurde noch um den Bereich Umwelt (Environment) zum STSE-Ansatz erweitert (z.B. Hodson, 2003). Basierend auf diesen vier Punkten gestalteten wir ein Lernmodul, das sowohl naturwissenschaftlich-technische Themen, sowie umwelt- und gesellschaftsrelevante Aspekte abbildet. Das naturwissenschaftliche Wissen, das sich Schüler während ihrer Schullaufbahn aneignen, beeinflusst auch, ob sie sich zu naturwissenschaftlich gebildeten Bürgern entwickeln (Osborne, Simon, Collins, 2003). Daher ist es essentiell, Einflussfaktoren auf das Wissen und Lernen gut zu kennen. Wir untersuchten im Rahmen des Lernmoduls die Zusammenhänge

zwischen **Motivation** (gegenüber Naturwissenschaften), (Umwelt-) **Einstellung** und dem **Wissen** von Jugendlichen.

## 2. Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Naturwissenschaftliche Allgemeinbildung und STSE

Der Begriff *Naturwissenschaftliche Allgemeinbildung* (*scientific literacy*) lässt sich aus vielen Blickwinkeln betrachten, deshalb fällt es der Literatur schwer, ein allgemeingültige Definition zu finden (Laugksch, 2000). Eine sehr weitgefasste Begriffsbestimmung besagt, dass das naturwissenschaftliche Verständnis der erwachsenen Bevölkerung als naturwissenschaftliche Allgemeinbildung bezeichnet werden kann (DeBoer, 2000). Was Kinder in der Schule lernen, mag zwar ihre Einstellung gegenüber Naturwissenschaften prägen, was einen Menschen aber wirklich naturwissenschaftlich gebildet macht, ist sein Engagement, das er nach seiner Schulzeit in naturwissenschaftliche Themen investiert (DeBoer, 2000).

Für das Individuum kann eine gute naturwissenschaftliche Grundbildung bessere Teilhabechancen mit sich bringen, da naturwissenschaftlich-technologische Themen sowohl im persönlichen Alltag (Umgang mit technischen Geräten, Gesunderhaltung des eigenen Körpers) als auch in der Gesellschaft (Entscheidungsfindungsprozesse, Diskussionen) eine sehr große Rolle spielen (Laugksch, 2000). Damit einher geht die Bedeutung der *scientific literacy* der Bevölkerung für eine Nation. Eine Gesellschaft, die naturwissenschaftliche Hintergründe versteht, kann z.B. nicht nur im Hinblick auf ihre Zukunftsfähigkeit Vorteile gewinnen, sondern auch politische Entscheidungen für eine lebenswerte Zukunft treffen (Laugksch, 2000). Eine gute naturwissenschaftliche Allgemeinbildung, die gesellschaftliche und ökologische Faktoren mit einbezieht, ist essentiell um aktuelle und zukünftige Herausforderungen, wie z.B. die Energiefrage (Armaroli & Balzani, 2007) zu meistern (DeWaters & Powers, 2013). Der beobachtete Trend von abnehmendem Interesse und geringer Motivation von Schülern an Naturwissenschaften in der Sekundarstufe kann die naturwissenschaftliche Allgemeinbildung der Bevölkerung langfristig negativ beeinflussen und ist deshalb sehr ernst zu nehmen (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henrikson & Hemmo, 2007). Vor diesem Hintergrund fragten und fragen sich Erziehungswissenschaftler, wie man durch Breitenförderung (alle Schüler sollten sich zu aktiven und mündigen Bürger entwickeln) und Spitzenförderung (einige Schüler sollten eine naturwissenschaftlich-technische Karriere anstreben) für eine stabile Zukunft sorgen kann (Aikenhead, 2003). Der STS Ansatz (s.o.) betrachtet die Bedeutung naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen vor dem politischen, kulturellen, ökonomischen und sozialen Hintergrund.

Auch wenn STS logischerweise ökologische Themenfelder nicht ausklammert, da sie komplexen Themenstellungen inhärent sind (z.B. Klimaerwärmung, Gentechnik, Mobilität), legt STSE den Fokus noch stärker auf Umweltaspekte. Dieser Ansatz hat den Anspruch, dass Schüler sich zu aktiven und verantwortungsbewussten Staatsbürgern entwickeln können (Hodson, 2003).



## 2.2 Motivation (gegenüber Naturwissenschaften)

Da es sich bei *Einstellung gegenüber Naturwissenschaften* um ein Konstrukt handelt, das sich wiederum aus vielen Unter-Konstrukten zusammensetzt, kann sie nicht im Ganzen mit einem Messinstrument erfasst werden (Gardner, 1975). Daher wurde in zwei der drei Teilarbeiten besonders die *Motivation gegenüber Naturwissenschaften* betrachtet.

Motivation kann nicht direkt beobachtet werden. Ihr Vorhandensein ergibt sich aus Verhaltensweisen oder Verbalisierungen einer Person. Sie ist zielgerichtet, bedarf mentaler oder physischer Aktivität und ist verantwortlich für die Kontinuität der Aktivität. Ganz allgemein gesprochen ist Motivation etwas, das unser Handeln hervorruft, steuert und aufrechterhält (Schunk, Pintrich & Meece, 2008). Im schulischen Kontext beeinflusst Motivation unter anderem das Lernen, indem sie Anstrengung, Ausdauer und Engagement (z.B. Erledigung von Hausaufgaben, Aufpassen im Unterricht, Mitschreiben, Fragen stellen) hervorruft (Zimmerman, 2000). Motivation kann in verschiedenen Facetten auftreten, was auch im Alltag beobachtbar ist. Manchmal tun wir etwas, weil es uns einfach Spaß macht, manchmal erledigen wir aber auch etwas, weil wir den Auftrag bekommen haben und eine positive (oder negative, wie es bei Nichterfüllung des Auftrags der Fall sein kann) Rückmeldung erwarten (Ryan & Deci, 2000).

Möchte man die Motivation messen, muss man im Hinterkopf behalten, dass ein Konstrukt und seine Bestandteile keine direkt beobachtbaren Variablen bieten. Man muss also auf beobachtbare Variablen, nämlich Items, zurückgreifen, die als empirische Indikatoren für diese latenten Variablen dienen (s. z.B. Glynn et al., 2011).

Der Science Motivation Questionnaire II (SMQ-II, Glynn et al., 2011), der in der vorliegenden Studie zur Anwendung kam, basiert auf der sozial-kognitiven Lerntheorie von Bandura (1986). Aus den vielen Komponenten, die das Lernen (in den Naturwissenschaften) beeinflussen können (z.B. Schunk et al., 2008), extrahierten Glynn et al. (2011) fünf Faktoren: **Intrinsische Motivation** ist der Antrieb, den man spüren kann, wenn etwas aus sich selbst heraus als spannend oder interessant wahrgenommen wird (Ryan & Deci, 2000). Der Anreiz für die Handlung liegt also in der Tätigkeit selbst. Die Items dieser Unterskala beziehen sich im SMQ-II auf Interesse, Neugier, Spaß und Wertschätzung von naturwissenschaftlichem Unterricht. Zwei weitere Aspekte, die auch zur intrinsischen Motivation gezählt werden können, bei Glynn et al. (2011) aber eigene Unterskalen darstellen, sind die Autonomie und die Kompetenz, die wir in unserem Handeln wahrnehmen: **Selbstbestimmtheit** und **Selbstwirksamkeit** (Ryan & Deci, 2000). Bei einem Schüler kann sich die Selbstbestimmtheit auf sein Leistungsverhalten auswirken, wodurch das Lernen an sich mehr oder weniger als selbstkontrolliert wahrgenommen wird. Selbstwirksam hingegen fühlt man sich dann, wenn man sich bei der Erledigung einer Aufgabe kompetent fühlt und es einem machbar erscheint, ein bestimmtes Ergebnis zu erreichen (Pajares, 1996). Extrinsische Motivation hingegen ist dann der Antreiber, wenn sich eine konkrete Konsequenz aus einer Handlung ergibt, z.B. eine Belohnung (Ryan & Deci, 2000). Im schulischen Umfeld sind kurzfristige und mittelfristige Konsequenzen für Schulleistungen die Schulnoten. Langfristige Auswirkungen von Schulleistungen können

gute oder schlechte Karrierechancen sein. Glynn et al. (2011) bilden daraus zwei Unterskalen: **Motivation durch Noten** und **Karriere-Motivation**.

### 2.3 Umwelteinstellung und Umweltverhalten

Umweltbildung zielt im Endeffekt immer auf Verhaltensänderungen ab, die einen nachhaltigeren Lebensstil zur Folge haben (Roczen et al., 2014). Ein Mensch, der an einer Umweltbildungsmaßnahme teilgenommen hat, sollte danach umweltfreundlichere Verhaltensweisen zeigen, angefangen damit, dass er z.B. in einem Geschäft die angebotene Plastiktüte ablehnt, oder dass er bei seinem nächsten Urlaub auf eine Flugreise verzichtet und stattdessen eine klimafreundlichere Reiseform wählt. Doch bevor solche Verhaltensänderungen entwickelt werden können, bedarf es vieler Voraussetzungen (s. z.B. Kollmuss & Agyeman, 2002). Dazu gehört z.B. die schon vorhandene Umwelteinstellung des Schülers und damit die Aufgeschlossenheit, sich mit bestimmten Themen auseinanderzusetzen. Genauso wie die Motivation ist auch die Einstellung eine latente Variable. Um ihr auf den Grund zu gehen muss man Probanden oder Menschen aus ihrer Umgebung Fragen stellen.

Eine Möglichkeit, die Umwelteinstellung zu erfassen, ist das 2-MEV Modell (**2 Major Environmental Values**, Bogner & Wiseman, 2006). Das Modell beschreibt zwei Dimensionen der Umwelteinstellung. Wobei die eine Dimension eine anthropozentrische Sichtweise widerspiegelt, genannt *Utilization* (Präferenz für die Ausnutzung natürlicher Ressourcen), während die andere Dimension einen die Umwelt bewahrenden Standpunkt beschreibt, die *Preservation* (Präferenz für den Schutz natürlicher Ressourcen). Das Modell erlaubt es, die beiden Dimensionen unabhängig voneinander zu erfassen. Das bedeutet, dass eine Person, die dem Schutz der Umwelt große Bedeutung beimisst, nicht unbedingt die Nutzung von natürlichen Ressourcen durch den Menschen ablehnen muss. Das heißt eine hohe *Preservation* muss nicht mit einer niedrigen *Utilization* einhergehen. Das gleiche gilt für den umgekehrten Fall. Das Modell wurde bereits wiederholt in unabhängigen Studien bestätigt (z.B. Johnson & Manoli, 2008; Milfont & Duckitt, 2004) und bewies über acht aufeinanderfolgende Jahrgänge seine Stabilität (Bogner, Johnson, Buxer & Felix, 2015).

Im Gegensatz zu den individuellen Einstellungen kann man Verhalten direkt beobachten. Allerdings kann einer isoliert beobachteten Verhaltensweise ohne weitere Hintergrundinformationen nicht eindeutig ein Motiv zugeordnet werden. Beobachten wir z.B. einen Menschen, der sich vegetarisch ernährt, so wissen wir nicht, ob er das tut, weil er aus ethischen oder religiösen Gründen keine Tiere essen möchte, er gesundheitsbedingt auf Fleisch verzichten muss oder ob er aus ökologischen Gründen so handelt. Wenn man jedoch mehrere spezifische Verhaltensweisen, die alle eine ähnliche Ausrichtung haben, bei einem Menschen beobachtet, kommt man dessen Motiven näher. Kaiser et al., (2007) entwickelten ein Instrument (GEB, **General Ecological Behaviour**), das Verhaltensweisen abfragt, aus denen sehr genau die dahinterliegende (Umwelt-)Einstellung ableitbar ist.

## **2.4 Einflüsse auf Wissen und Lernen von Jugendlichen**

Alle Einflussfaktoren auf das Wissen und Lernen von Jugendlichen zu betrachten, würde im Rahmen dieser kurzen Abhandlung zu weit führen. Daher liegt im Folgenden der Fokus auf den für die Teilarbeiten relevanten Aspekten.

### **Motivation**

Während extrinsische Faktoren, wie z.B. Noten, in der Wahrnehmung von Schülern eine vorherrschende Rolle spielen (Vedder-Weiss & Fortus, 2012), wird intrinsischen Aspekten, wie wahrgenommener Selbstbestimmtheit (Black & Deci, 2000) oder Selbstwirksamkeit (Pajares, 2002) von Experten der größte Einfluss auf Schulleistungen bescheinigt. Laut Bandura (1993) beeinflusst z.B. Selbstwirksamkeit direkt die Gedächtnisleistungen und indirekt geistige Anstrengung, denn wir sind motivierter zu lernen, wenn wir wissen, dass wir das angestrebte Ziel auch erreichen können. Wenn wir unsere Selbstwirksamkeit allerdings als gering einschätzen, haben wir Angst eine Aufgabe anzugehen, da wir befürchten zu versagen (Glynn, Taasobshirazi & Brickman, 2009). Hier ist auch ein Zusammenhang mit extrinsischen Faktoren zu sehen. Denn die Anwendung von sozialen Bezugsnormen in der Schule führt dazu, dass schwächere Schüler negatives Feedback oder schlechte Noten erhalten. Das kann zur Folge haben, dass diese Schüler ihre Erfolgschancen als so gering ansehen, dass sie keine Anstrengungen mehr unternehmen, mit ihren „guten“ Mitschülern mithalten und somit noch schlechtere Leistungen erzielen (z.B. Anderman & Maehr, 1994). Gute Noten zu bekommen, kann dagegen auch einen positiven Einfluss auf zukünftige Schulleistungen haben (Zimmerman, Bandura & Martinez-Pons, 1992). Auch situationales oder persönliches Interesse an einer Sache kann z.B. Gedächtnisleistung und Aufnahmefähigkeit verbessern (Schunk et al. 2008).

### **Umwelteinstellungen**

Außerdem scheint ein Zusammenhang zwischen Umwelteinstellungen und kognitiven Leistungen in Umweltbildungsprogrammen zu bestehen. So fanden z.B. Bogner (1998, 1999) oder Fremerey und Bogner (2015) positive Beziehungen zwischen spezifischem Umweltwissen von Schülern und einer positiven Einstellung gegenüber Umweltschutz. Boeve-de Pauw und Van Petegem (2011) hingegen berichten von einem negativen Zusammenhang zwischen Umweltwissen und einer anthropozentrischen Einstellung gegenüber der Umwelt.

### **3. Fragestellungen und Ziele der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, ob und wie die Motivation gegenüber Naturwissenschaften und Umwelteinstellungen mit dem (Vor-)Wissen und dem Lernen von Jugendlichen zusammenhängen. Um das aktuelle Wissen zu erheben und Lernfortschritte beobachten zu können, wurde ein Umweltbildungsprogramm mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt zum Thema Energie bzw. Erneuerbare Energien entwickelt und bei der Studiengruppe eingesetzt. Das Thema wurde gewählt, da eine nachhaltige Energienutzung eine zentrale Herausforderung des 21. Jahrhunderts darstellt (vgl. z.B. Armaroli & Balzani, 2007). Die Studie gliedert sich in drei Teilstudien.

#### **Teilstudie A: Replikationsstudie: Einsatz des Science Motivation Questionnaires bei Jugendlichen**

Für die Erhebung der Motivation gegenüber Naturwissenschaften wurde der Science Motivation Questionnaire II (SMQII, Glynn et al., 2011) verwendet. Dieser wurde ausgewählt, da er nach Einschätzung der Autoren auf Basis von unabhängigen Studien eine hohe Qualität versprach. Allerdings wurde das Instrument ursprünglich für Hochschulstudenten in den USA entwickelt, weshalb geprüft werden musste, ob eine Anwendung mit Jugendlichen aussagekräftige Ergebnisse generieren kann. Zur Qualitätskontrolle sollten statistische Kennwerte, aber auch die Schlüssigkeit der Ergebnisse interpretiert werden. Die Vermutung war, dass der verwendete Fragebogen für Gymnasiasten der Sekundarstufe II grundsätzlich geeignet ist, dass sich allerdings die Wertung der einzelnen motivationalen Komponenten von der ursprünglichen Studiengruppe unterscheidet. Des Weiteren wurde davon ausgegangen, dass bei Mädchen und Jungen unterschiedliche Komponenten für ihre Motivation gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern verantwortlich sind. Nachdem Persönlichkeitsmerkmale in Studien bereits den Schulerfolg teilweise vorhersagen konnten (z.B. O'Connor und Paunonen, 2007), ist die Vermutung naheliegend, dass ein Zusammenhang mit der Motivation von Jugendlichen besteht. Aus diesen Hintergründen leiten sich die folgenden Forschungsfragen ab:

1. Ist der Science Motivation Questionnaire zur Anwendung bei der Zielgruppe (Jugendliche) geeignet?
2. Kann die bereits in der Literatur geschilderte Struktur des Science Motivation Questionnaire für Jugendliche bestätigt werden?
3. Zeigen sich geschlechtsspezifische Unterschiede in den einzelnen Unterkategorien?
4. Korrelieren Persönlichkeitsmerkmale mit den Unterkategorien des Science Motivation Questionnaires?

#### **Teilstudie B: Welcher Zusammenhang besteht zwischen motivationalen Aspekten gegenüber naturwissenschaftlichen Themen und dem Wissen und Lernen von Jugendlichen?**

In der zweiten Studie wurde untersucht, ob die Motivation gegenüber Naturwissenschaften von Schülern mit dem Vorwissen über erneuerbare Energien oder

sogar dem Lernen während der Intervention zusammenhängt. Es war davon auszugehen, dass Schüler während einer dreistündigen Intervention etwas lernen, jedoch musste diese Annahme zunächst überprüft werden. Im Anschluss wurde analysiert, ob das Wissen der Schüler vor und nach Teilnahme am Lernmodul mit ihrer selbst-berichteten Motivation gegenüber naturwissenschaftlichem Unterricht korreliert und ob hoch motivierte Schüler tatsächlich besser lernen als wenig motivierte Schüler. Des Weiteren wurde überprüft, welche motivationale Facette ggf. besonders stark im Zusammenhang mit dem Wissen der Schüler steht. In diesem Fall wäre anzunehmen, dass vor Allem intrinsische Faktoren für diesen Zusammenhang verantwortlich zeichnen, da in der Intervention kein externes Feedback gegeben wurde. Die Forschungsfragen dieser Studie sind daher:

1. Stellt sich bei Jugendlichen durch ein Unterrichtsmodul mit naturwissenschaftlicher Basis ein Lernerfolg ein?
2. Hat die Motivation gegenüber Naturwissenschaften einen Einfluss auf das Wissen der Schüler vor und nach Teilnahme an dem Unterrichtsmodul?
3. Lernen in dem Unterrichtsmodul hochmotivierte Schüler besser als weniger motivierte?
4. Welche motivationalen Facetten sind ggf. für die gefundenen Zusammenhänge besonders wichtig?

### **Teilstudie C: Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Umwelteinstellungen und dem Wissen und Lernen von Jugendlichen?**

Die dritte Teilstudie betrachtet den Umweltbildungsaspekt dieser Arbeit genauer. Dabei wurde, ähnlich wie in Studie B, der Zusammenhang zwischen der Umwelteinstellung von Schülern mit deren kognitiver Leistung untersucht. Da unter anderem eine erst kürzlich abgeänderte Version eines etablierten Instrumentes zur Erhebung der Umwelteinstellung eingesetzt wurde, wurde diese zunächst auf Validität geprüft. Danach wurden die erhobenen Einstellungen der Teilnehmer auf geschlechtsspezifische Unterschiede hin untersucht und die Beziehung zwischen Umwelteinstellungen mit dem Wissen vor und nach der Intervention betrachtet. Da in der Literatur Frauen und Mädchen oft als Umwelt schützendes Geschlecht beschrieben werden (z.B. Stern, Dietz, Kalof & Guagnano, 1995), wurde davon ausgegangen, dass auch in dieser Studie die weiblichen Teilnehmer, im Vergleich zu männlichen, eine eher umweltfreundliche Haltung zeigen würden. Des Weiteren wurde vermutet, dass positive Umwelteinstellungen wiederum positiv mit dem Lernerfolg in einem Umweltbildungsmodul in Zusammenhang stehen. Aus diesen Annahmen ergaben sich folgende Forschungsfragen:

1. Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede in den Umwelteinstellungen der Stichprobe?
2. Hängen Umwelteinstellung und Wissen von Mädchen und Jungen vor und nach der Teilnahme an einer unterrichtlichen Intervention zusammen?

## 4. Methoden

### 4.1 Teilnehmer und Studiendesign

Im Sommerhalbjahr 2014 nahmen 232 Schüler ( $M_{\text{Alter}} \pm SD$ :  $16,02 \pm 0,56$ ; 50,41% weiblich) der 10. Jahrgangsstufe aus fünf fränkischen Gymnasien am Lernprogramm zum Thema erneuerbare Energien und der Begleitstudie teil. Außerdem füllte eine Kontrollgruppe von 37 Gymnasiasten ( $M_{\text{Alter}} \pm SD$ :  $15,99 \pm 0,99$ ; 67,57 % weiblich) nur die Fragebögen der Begleitstudie aus, ohne am Lernprogramm teilzunehmen. Da die Schüler mehrere Fragebögen zu mehreren Testzeitpunkten ausfüllen mussten, kam es zu einzelnen Ausfällen von Probanden. In die Teilstudien wurden allerdings nur Teilnehmer mit kompletten Datensätzen einbezogen, daher variiert die Anzahl der Testpersonen in den einzelnen Teilstudien leicht.

Die Studiengruppe nahm, wie bereits erwähnt, an einer unterrichtlichen Intervention zum Thema Erneuerbare Energien teil. Die eingesetzten Fragebögen wurden eine Woche vor (Vortest,  $T_0$ ), direkt nach (Nachtest,  $T_1$ ) und ca. sechs Wochen nach der Intervention (Behaltenstest,  $T_2$ ) ausgefüllt. Die Fragebögen enthielten zu jedem der drei Testzeitpunkte Wissensfragen zum Thema des Unterrichtsmoduls. Außerdem wurden noch verschiedene weitere Testinstrumente abgefragt (s. unten). Die Datenerhebung wurde mit dem Schreiben II.7-5 O 5106/90/8 des Bayerischen Staatsministeriums für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst vom 23.10.2013 genehmigt. Die Fragebögen konnten mit Hilfe eines pseudonymisierten Codes den einzelnen Individuen zugeordnet werden.

### 4.2 Erhebungsinstrumente und Datenauswertung

Neben interventionsspezifischen Wissensfragen, wurde je einmalig die Motivation gegenüber Naturwissenschaften, Umwelteinstellung (verhaltensbasiert, bewahrend und ausnutzend) und Persönlichkeitsmerkmale erhoben. Für die Datenauswertung wurde wegen der Stichprobenzahl und Teilstichprobenzahl für alle Studien der Zentrale Grenzwertsatz angewandt, damit eine Normalverteilung der Daten angenommen und parametrische Tests verwendet (Wilcox, 2005). Alle statistischen Untersuchungen wurden mit dem Programm SPSS 22.0 ausgeführt.

In **Teilstudie A** wurde zunächst untersucht, ob ein Instrument zur Erhebung von Motivation gegenüber Naturwissenschaften, der Science Motivation Questionnaire II, (SMQ-II, Glynn et al., 2011) sich auch bei unserer Zielgruppe anwenden lässt. Des Weiteren wurde analysiert, ob sich Unterschiede in Bezug auf die motivationalen Facetten, die im SMQ-II abgefragt werden, finden lassen. Der SMQ-II gliedert sich in fünf solche Unterkategorien (intrinsische Motivation, Selbstwirksamkeit, Selbstbestimmtheit, Karriere-Motivation in den Naturwissenschaften und Noten-Motivation in naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern) zu je fünf Items. Im Ganzen besitzt der SMQ-II also 25 Fragen, die mit einer 5-Punkt-Likert-Skala von „immer“ (5) nach „nie“ (1) beantwortet werden können. Der SMQ-II fragt z.B. „Ich finde es interessant, etwas zu naturwissenschaftlichen Themen zu

lernen.“ oder „Eine gute Note in einem naturwissenschaftlichen Fach zu bekommen ist für mich wichtig.“.

Zur Vergleichsprüfung des SMQ-II wurden außerdem Persönlichkeitsmerkmale nach der „Big Five“-Theorie (vgl. McCrae & Costa, 1997 oder Soto, John, Gosling & Potter, 2008) durch eine Kurzskala mit zehn Items (das bedeutet zwei Items pro Persönlichkeitsmerkmal Extraversion, Neurotizismus, Offenheit, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit), dem Big-Five-Inventory-10 (BFI-10, Rammstedt & John, 2007), abgefragt. Auch hier konnten die einzelnen Elemente des Fragebogens mit einer 5-Punkt-Likert-Skala von „völlig richtig“ (5) bis „völlig falsch“ (1) bewertet werden. Beispiele aus diesem Fragebogen sind „Ich bin eher zurückhaltend“ oder „Ich neige dazu andere zu kritisieren“. 226 (SMQ-II komplett ausgefüllt) bzw. 204 (SMQ-II und BFI-10 komplett ausgefüllt) Datensätze konnten in die Untersuchung mit einbezogen werden. Um die Güte des SMQ-II in unserem Kontext zu untersuchen, wurde er zunächst einer Faktorenanalyse und damit zusammenhängenden Qualitätsanalysen unterzogen. Nach dem Ausschluss von zwei Items aufgrund von unzureichender Übereinstimmung mit dem Model, wurden die Mittelwerte der übrig gebliebenen Unterkategorien verglichen und auf geschlechtsspezifische Unterschiede untersucht. Im Anschluss daran wurden die Korrelationen zwischen SMQ-II und BFI-10 betrachtet.

Nachdem dem SMQ-II eine Anwendbarkeit auf unsere Stichprobe nachgewiesen werden konnte, wurde in **Teilstudie B** geprüft wie die Motivation gegenüber Naturwissenschaften mit dem Wissen und dem Lernen der Schüler im Unterrichtsmodul zusammenhängt. Die 33 Wissensfragen mussten hierzu nach dem Multiple-Choice Prinzip beantwortet werden, wobei bei vier möglichen Antworten eine als richtig gewertet wurde. Dadurch konnten für die statistische Datenauswertung alle fehlerhaften Antworten in 0 und alle richtigen Antworten in 1 umcodiert und für jeden Schüler individuelle Summenwerte für jeden Testzeitpunkt errechnet werden. Die Schüler konnten also maximal 21 Punkte im Wissenstest zu jedem Testzeitpunkt erreichen. Die Entwicklung des Wissensfragebogens verlief in mehreren Schritten: Um die Plausibilität der Distraktoren zu garantieren wurden zunächst offene Fragen passend zum Unterrichtsmodul entwickelt und von einer Schulklasse beantwortet. In einem nächsten Schritt wurden aus den offenen Antworten der Schüler Distraktoren für einen Multiple-Choice Test formuliert. Die Multiple-Choice Fragen wiederum wurden von Experten als auch von Schülern erneut getestet und daraufhin angepasst. Die 33 Fragen, die in der Hauptstudie zum Einsatz kamen, wurden zunächst erneut auf Reliabilität und Schwierigkeitsgrad in Vor-, Nach- und Behaltenstest geprüft. Auf Basis dieser Analyse wurden 21 Fragen für die Auswertung ausgewählt (z.B. „Was bedeutet der Begriff anthropogen?“, „Wie viel Prozent des Energieverbrauchs im Haushalt könnte eingespart werden, wenn Sie statt Auto zufahren nur noch zu Fuß gehen oder mit dem Fahrrad fahren würden?“ oder „Welcher dieser Prozesse kann als nachhaltig bezeichnet werden?“). Die Daten von 194 Schülern, die zu allen drei Testzeitpunkten anwesend waren und den Wissensfragebogen sowie den SMQ-II ordnungsgemäß ausgefüllt hatten, wurden in die weitere statistische Analyse einbezogen. Zunächst wurden

mit einer ANOVA mit wiederholten Messungen Unterschiede im Wissen zwischen den drei Testzeitpunkten berechnet. In einem zweiten Schritt wurde die Stichprobe je nach Höhe der Motivation gegenüber Naturwissenschaften in drei Gruppen aufgeteilt: hochmotivierte Schüler (oberes Quartil), motivierte Schüler (interquartil Bereich) und wenig motivierte Schüler (unteres Quartil). Im Anschluss wurden Unterschiede im Wissen zwischen den Gruppen innerhalb der Testzeitpunkte und der motivationalen Gruppen mit ANOVA bzw. ANOVA mit Messwiederholungen und Post-hoc-Test untersucht. Abschließend wurden die Unterkategorien des SMQ-II mit den Wissensständen der Schüler zu jedem Testzeitpunkt korreliert.

In **Teilstudie C** lag der Schwerpunkt auf dem Zusammenhang zwischen dem Wissen bzw. dem Wissenszuwachs mit der Umwelteinstellung von Jugendlichen. Die Umwelteinstellung wurde mit zwei verschiedenen Instrumenten erfasst: mit dem 2-MEV (*Two Major Environmental Values*, z.B. Bogner & Wiseman, 2006) und dem GEB (*General Ecological Behavior*, Kaiser et al., 2007). Der 2-MEV misst die Umwelteinstellung in den zwei Dimensionen: Präferenz von Umweltschutz (*preservation*) und Präferenz von Nutzung natürlicher Ressourcen (*utilization*). Jeder dieser beiden Kategorien sind je zehn Items zugeordnet. Trotz Bestätigung des Fragebogens in vielen unabhängigen Studien (Boevende Pauw & Van Pentegem, 2011; Milfont & Duckitt, 2004; Johnson & Manoli, 2008), wurde ihm wegen ausschließlicher Verwendung von positiv formulierten Items nachgesagt, eventuell von Effekten sozialer Erwünschtheit beeinflusst zu werden (Oerke & Bogner, 2013). Daher wurde in der beschriebenen Studie ein angepasster Fragebogen mit einigen negativ formulierten Items verwendet (Kibbe, Bogner & Kaiser, 2014). Die zehn Items mit den nach Kibbe et al. (2014) höchsten Faktorladungen und bestem inhaltlichen Zusammenhang zur Intervention wurden in die Studie mit einbezogen (z.B. „Die Natur ist immer in der Lage, sich selbst zu erholen.“, „Es macht mich traurig, wenn Naturlandschaften bebaut werden.“). Der GEB bezieht sich auf berichtete umweltfreundliche Verhaltensweisen. Während oft von einer Diskrepanz zwischen Umwelteinstellung und Umweltverhalten gesprochen wird, konnten Kaiser et al. (2007) belegen, dass bei Berücksichtigung mehrerer Aussagen über eigene Verhaltensweisen aussagekräftige Zusammenhänge mit der Einstellung bestehen und der GEB dazu geeignet ist, verhaltensbasierte Einstellungen aufzunehmen. Der GEB besteht im Ganzen aus 40 Items und sechs Unterkategorien (Recycling, Müllvermeidung, Konsum, Mobilität und Transport, Energiesparen und sonstige umweltfreundliche Verhaltensweisen) und ist speziell an die Datenaufnahme mit Kindern und Jugendlichen angepasst. Da laut Kaiser et al. (2007) bereits eine Unterkategorie des GEB Umwelteinstellungen adäquat vorhersagt, wählten wir 14 Items aus 3 Kategorien aus, die besonders gut zum Inhalt des Lernmoduls passten (z.B. „Ich fordere meine Eltern auf, Obst und Gemüse der Jahreszeit entsprechend zu kaufen.“, „Im Winter ist es in meinem Zimmer so warm, dass man auch im T-Shirt nicht friert.“).

Da, wie bereits erwähnt, eine neue und gekürzte Version des 2-MEV verwendet wurde, musste zunächst die Gültigkeit der Skala bewiesen werden. Dazu wurde eine explorative



Faktorenanalyse durchgeführt. Anschließend wurden die drei verschiedenen Aspekte von Umwelteinstellungen, verhaltensbasiert (GEB), umweltschützend und –nutzend (2-MEV), mit t-Tests auf Unterschiede zwischen Mädchen und Jugend geprüft. Im Anschluss wurden die Beziehungen der Umwelteinstellungen mit dem Wissen der Jugendlichen zu den drei Testzeitpunkten betrachtet.

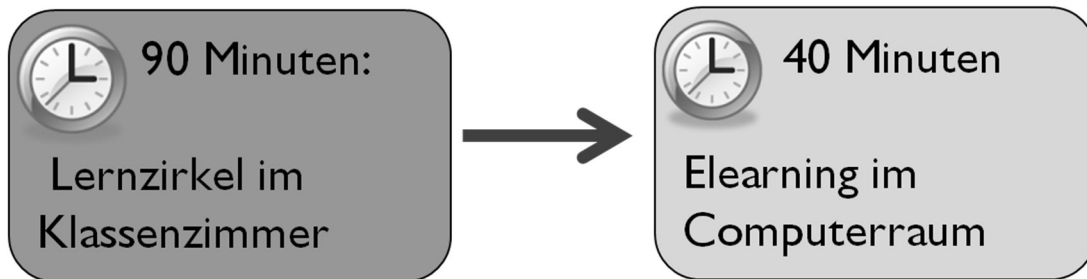
#### 4.3 Genaue Beschreibung der Interventionen

Während der Entwicklungsphase wurde das Unterrichtsmodul, das als Intervention diente, mehrmals mit Experten als auch mit der Zielgruppe getestet und angepasst. Dadurch konnte eine gute Qualität des Moduls gewährleistet werden.

Das Lernmodul wurde für die zehnte Jahrgangsstufe konzipiert und bezieht sich dementsprechend auf relevante Themen des **Lehrplans des Bayerischen Gymnasiums** (Stand 2014). Im Bereich Biologie ist es mit dem Lehrplanpunkt B 10.3 *grundlegende Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen* und B 10.4 *Angewandte Biologie (Landwirtschaft)* verknüpft. Wichtige Aspekte des o.g. Lehrplanpunktes, die im entwickelten Lernprogramm aufgenommen wurden, sind z.B. der Stoffkreislauf, der durch die Energie des Sonnenlichts angetrieben wird, oder Handlungsoptionen zur Verringerung des ökologischen Fußabdruckes. Gemäß dem Spiralcurriculum werden in der zehnten Jahrgangsstufe auch Inhalte aus vorhergehenden Jahrgangsstufen erneut angesprochen. Dies bildet sich dementsprechend in den Lernstationen von „Energie – heute und morgen“ ab. In der sechsten Jahrgangsstufe wird zum Beispiel im Natur-und-Technik-Unterricht im Rahmen des Lehrplanpunkts 6.1.2 *Bau und Lebenserscheinungen der Blütenpflanzen* die Bedeutung der Photosynthese für das Leben auf der Erde und der Energiespeicherfunktion von Photosyntheseprodukten besprochen. Diese Inhalte werden im Biologielehrplan der zehnten Jahrgangsstufe und auch in den Lernstationen der Intervention erneut behandelt, um so nachhaltiges Wissen bei den Schülern zu generieren. Zudem wird das Thema *Bakterien als Saprobionten* in der zehnten Klasse wieder aufgegriffen, das bereits in der achten Jahrgangsstufe (B 8.1) eingehend betrachtet wurde. Vertiefend werden die technische Nutzung von Bakterien und optimale Lebensbedingungen unter dem Thema *Biogas* im Unterrichtsmodul erarbeitet. Das Lernmodul bezieht sich in einigen Gesichtspunkten auch auf andere Fächer wie z.B. Chemie (weltweite Problematik der Energieversorgung, Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus Erdöl, Kohlenstoffdioxid und Treibhauseffekt) oder Geographie (anthropogener Treibhauseffekt, nachhaltige Entwicklung). Im Lehrplan der zehnten Jahrgangsstufe werden außerdem einige fächerverknüpfende Themen angegeben, die das Stationenlernen aufgreift. Dazu gehören z.B. die Themenkomplexe *Nachhaltigkeit*, *Technik: Chancen und Verantwortung*, *Ökologie-Ökonomie* und *Biotechnologie-Bioethik*.

Das **naturwissenschaftsbasierte Umweltbildungsmodul** gliedert sich in zwei große Blöcke (s. Abb. 1): Zuerst bearbeiten die Schüler während zwei Schulstunden sieben Lernstationen, wobei für schnelle Schüler eine fakultative achte Lernstation zur Verfügung steht. Nach einer kurzen Pause vertiefen die Schüler während einer weiteren Schulstunde

ihr erlerntes Wissen mit der Simulation *Energiespiel Bayern* des **Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie**.



**Abbildung 1 Gliederung des Lernmoduls**

Die Schüler arbeiteten während der Intervention in selbstgewählten Zweiergruppen. Nach einer kurzen Einführungsphase bekamen die Schüler ein Arbeitsheft, das neben einer allgemeinen Erklärung und einem Glossar Aufgaben zu jeder Station enthielt (s. externer Anhang). Die Schüler konnten die Reihenfolge der ersten sieben Stationen frei wählen, wobei für jede Station etwa zehn Minuten Bearbeitungszeit zur Verfügung standen. Der Betreuer informierte die Schüler in regelmäßigen Abständen über die noch verfügbare Zeit. Eine achte Station stand für Schüler bereit, die sehr schnell arbeiteten. Diese zusätzliche Station sollte nur dann besucht werden, wenn bereits alle anderen Stationen sorgfältig bearbeitet worden waren. Musterlösungen lagen auf Anfrage der Schüler bei der Betreuungsperson bereit.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, gibt es verschiedene Aspekte, die nach DeWaters und Powers (2013) einen in Bezug auf Energie allgemeingebildeten Menschen ausmachen. Diese Punkte wurden gezielt im Lernmodul berücksichtigt.

Abbildung 2 gibt einen inhaltlichen Überblick über die Lernstationen. In **Station M1** wurde die Herkunft und Nutzung fossiler Rohstoffe angesprochen. Fossile Rohstoffe stellen keine unendliche Ressource dar, da sie schneller verbraucht werden als sie durch geologische Vorgänge hypothetisch gebildet werden könnten. Des Weiteren hängt es von technologischen Neuentwicklung ab, welche Lagerstätten von fossilen Rohstoffen noch durch den Menschen ausgebeutet werden können. Fossile Rohstoffe dienen den Menschen als Ausgangsstoffe für verschiedene Produkte (Kunststoff, Kosmetik...), können aber zu einem großen Teil von nachwachsenden Rohstoffen ersetzt werden. Außerdem wird aus fossilen Rohstoffen durch Umsetzung mit Sauerstoff für den Menschen nutzbare Energie gewonnen. Bei diesem Prozess entsteht allerdings (unter anderem) Kohlenstoffdioxid, was als Treibhausgas in großen Mengen zum anthropogenen Treibhauseffekt beiträgt. Daher muss der Verbrauch von fossilen Ressourcen reduziert werden. Das kann unter anderem durch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe geschehen.

**Station M2** vermittelt einen Eindruck von Energienutzung im Alltag. Dabei wird besonders darauf geachtet, dass nicht nur auf das Thema *elektrische Energie* eingegangen wird sondern auch die immense Bedeutung von Energienutzung in Privathaushalten durch

Wärme und Mobilität Beachtung findet. Verschiedene Einsparmöglichkeiten von Energie im Alltag und deren Effektivität werden dabei in den Fokus gerückt. Die folgenden Lernstationen befassen sich dagegen mit Alternativen zu fossilen Energieträgern.

**Station M3** beschäftigt sich mit dem Thema *Gewinnung von elektrischer Energie*. Dabei wird das Prinzip der Gewinnung von elektrischer Energie allgemein und Funktionalität von Wärmekraftwerken im Besonderen behandelt. Zum Antreiben einer Turbine und der anschließenden Umwandlung der mechanischen in elektrische Energie können sowohl fossile Brennstoffe als auch regenerative Brennstoffe verwendet werden oder sogar gleich Wind oder Wasser als Energiequelle genutzt werden. Besonders effizient sind Wärmekraftwerke dann, wenn Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt wird.

Im Themenblock *Bioenergie*, bestehend aus Station M4, M5 und M6, wird auf die Nutzung von Bioenergie als regenerative Energie eingegangen. Grundlage der Bioenergie ist der Stoff- und Energiefluss, der auf Grund des Sonnenlichtes auf der Erde stattfindet.

**Station M4** beschäftigt sich mit der zentralen Stellung der Photosynthese für das Leben auf der Erde. Dabei stehen zunächst die nachhaltige Nutzung und der Energiegehalt von Holz als Brennstoff im Mittelpunkt.

Um flüssige Brennstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen geht es in **Station M5**. Während Bioethanol, Pflanzenöle oder Biodiesel für den Betrieb von herkömmlichen oder speziellen Motoren eingesetzt werden können, gerät die Verwendung von Nahrungsmitteln für die Herstellung von Treibstoffen in die Kritik. Der Tank-Teller-Konflikt wird in diesem Zusammenhang angesprochen und von den Schülern reflektiert.

**Station M6** gibt einen Einblick in das Thema Biogas. Dabei werden Ausgangsstoffe für die Biogas Gewinnung, verschiedene Nutzungsmöglichkeiten von Biogas, Reststoffe der Vergärung sowie Lebensbedingungen Biogas generierender Bakterien angesprochen.

In **Station M7** werden Chancen und negative Aspekte von Wind-, Solar- und Wasserkraftwerken betrachtet. Mit Hilfe dieser Anlagen kann zwar viel elektrische Energie gewonnen werden jedoch entstehen Nutzungs- und Interessenskonflikte zwischen Industrie, Politik, Landwirtschaft, Umweltschutz und privaten Haushalten.

Die **Zusatzstation** stellt verschiedene Brennstoffe in einer *Brennstofforgel* vor. Damit wird der Energiegehalt und Volumen verschiedener Brennstoffe in Relation gesetzt und damit das Thema Energiedichte behandelt.

Die **Computerstation** ist der zweite Teil des Lernprogramms und nimmt, wie oben beschreiben, eine ganze Schulstunde ein. Im Mittelpunkt steht die interaktiven Simulation „Energiespiel Bayern“: In einer virtuellen Landkarte des Freistaates Bayern im Jahr 2013 muss für die kommende Dekade die Energieversorgung des Landes so geplant werden, dass nach Abschaltung aller Atomkraftwerke eine Versorgung mit alternativen Energiequellen gewährleistet ist. Dabei muss beachtet werden, dass zunächst Energie eingespart werden sollte, dann die Effizienz verbessert und danach erneuerbare Energien ausgebaut werden sollten. Außerdem müssen sich gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Ansprüche die Waage halten. Investitionen in Forschung und Entwicklung müssen genauso gewährleistet werden wie Kampagnen für Akzeptanz der staatlichen Pläne in der Bevölkerung oder die Versorgungssicherheit mit Strom. Das Energiespiel

Bayern wird von Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie unter [www.energiespiel.bayern.de](http://www.energiespiel.bayern.de) frei zur Verfügung gestellt.

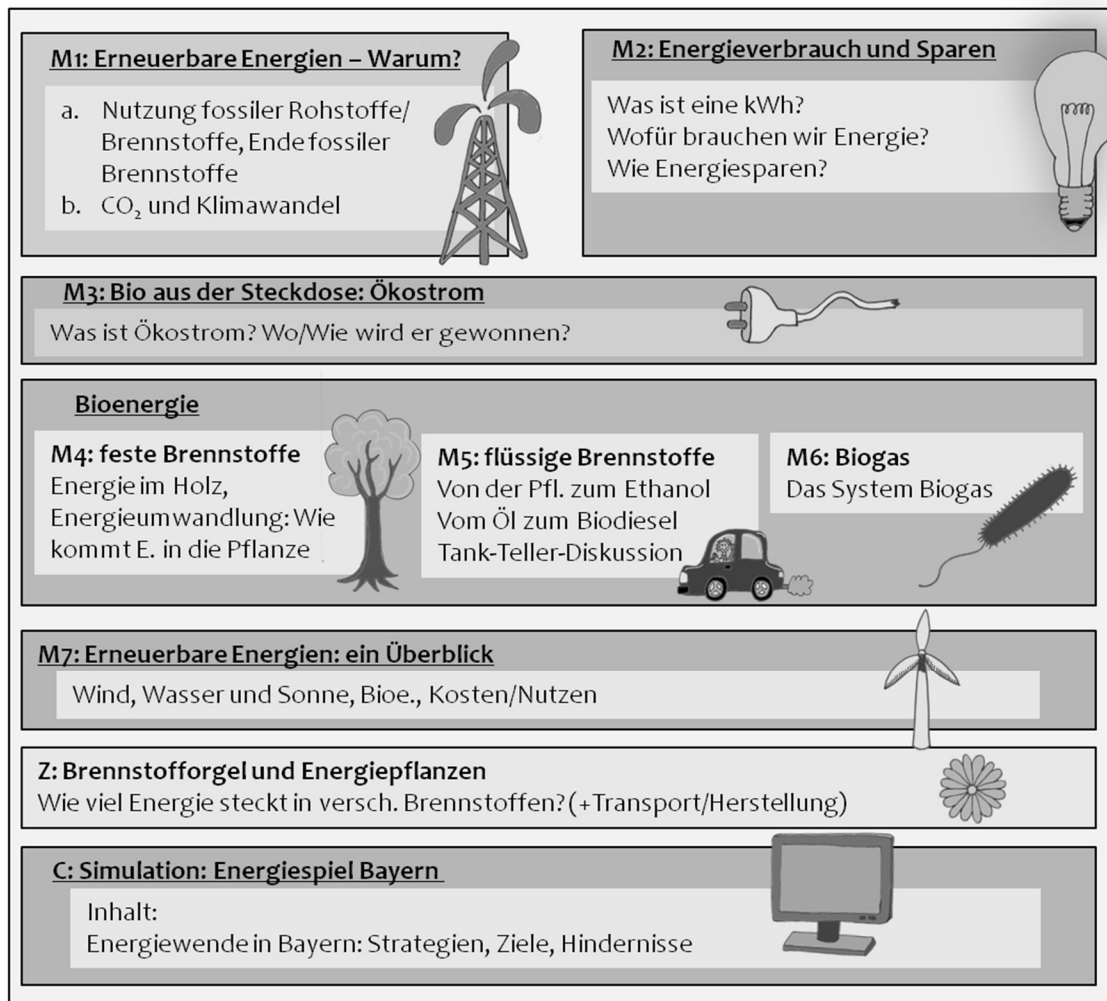


Abbildung 2 Inhalte des Lernmoduls im Überblick

## 5. Ergebnisse und Diskussion

### 5.1 Teilstudie A: Replikationsstudie zum SMQ-II

Die statistischen wie inhaltlichen Analysen des Science Motivation Questionnaire II (SMQ-II) bestätigen die Anwendbarkeit des Fragebogens im beschriebenen Kontext. Die durchgeführte Faktorenanalyse ergab das von Glynn et al. (2011) postulierte Ergebnis, allerdings mussten zwei Fragen aus der Subskala *Motivation durch Schulnoten* von der Analyse ausgeschlossen werden, da Faktorenladungen in anderen Subskalen als der erwähnten zu finden waren. Des Weiteren zeigte die Kategorie wahrgenommene *Selbstbestimmtheit* einen geringen Zusammenhang zum Kernfaktor. Dabei korrelierten die Items innerhalb der eigenen Subskala angemessen hoch. In Glynn et al. (2011), die den SMQ-II konzipierten und evaluierten, wurde nicht von einer derartigen Abweichung der Subskala berichtet. Eine Ursache für diese Diskrepanz könnte in der alters- und lebensweltbedingte Wahrnehmung der Items von Studenten (mit deren Angaben der SMQ-II bei Glynn et al. evaluiert wurde) und Schülern (wie in der vorliegenden Studie)

liegen: Studenten sind meist selbst für ihr Lernen verantwortlich, wie auch für die Wahl ihres Studienfaches, außerdem haben Studenten einen stärkeren Bezug zur Arbeitswelt. Weiterhin könnten auch kulturelle Unterschiede die Abweichung einiger Items vom bereits bestehenden Modell verantworten. Allerdings könnte gerade das abweichende Verhalten der Unterskala *Selbstbestimmtheit* auch ein skalenimmanentes Problem darstellen. Im Gegensatz zu den anderen Items, die eher nach Selbstwahrnehmungen und Einstellungen fragen (z.B. „Ich finde es interessant, etwas über naturwissenschaftliche Themen zu lernen“, „Mich mit Naturwissenschaften auszukennen, wird mir Vorteile in meinem Berufsleben bringen“ oder „Ich glaube, dass ich im Zeugnis in den naturwissenschaftlichen Fächern eine ‚1‘ bekommen kann“) beziehen sich die Items zur Erhebung der *Selbstbestimmtheit* auf Verhaltensweisen („Ich lerne viel für die naturwissenschaftlichen Fächer“ oder „Ich nutze bestimmte Lernstrategien, um mich gut auf die naturwissenschaftlichen Fächer vorzubereiten“).

Die durchschnittliche Motivation der Schüler gegenüber Naturwissenschaften lag mit  $M \pm SD = 3,07 \pm 0,75$  genau in der Mitte der 5-stufigen-Likert Skala. Höhere Werte ergaben sich für die *Motivation durch Noten* und die *wahrgenommene Selbstbestirksamkeit* der Schüler, während die Karriere-Motivation und die Selbstbestimmtheit darunter lagen. Der Mittelwert der Subskala *intrinsische Motivation* deckte sich mit dem Gesamt-Mittelwert. Besonders der Zusammenhang „höhere Selbstwirksamkeit – niedrigere Selbstbestimmtheit“ ist auch in der Literatur bekannt. Besonders dann, wenn die Studiengruppen aus Jugendlichen bestanden (vgl. Bryan, Glynn & Kittleson, 2011; Zeyer, Çetin-Dindar, Md Zain, Jurišević, Devetak & Odermatt, 2013 oder Schmid & Bogner, 2016, eingereicht). Untersuchungen der Motivation von Studenten zeigen ein gegensätzliches Bild: Hier wurden höhere Werte für Selbstbestimmtheit und geringere für Selbstwirksamkeit ermittelt (vgl. Glynn et al., 2011; Obrentz, 2012). Ein Grund für diese Unterschiede könnte darin liegen, dass Studenten, wie oben bereits erwähnt, ihr Studienfach (in den zitierten Studien waren das zum größten Teil naturwissenschaftliche Studiengänge) meist eigeständig wählen und dass damit eine größere Selbstbestimmtheit bezüglich naturwissenschaftlicher Fächer einhergeht. Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass Studenten weitgehend selbstbestimmt lernen und arbeiten. Dagegen können insbesondere Jugendliche das Ungleichgewicht zwischen elterlicher Kontrolle und dem Wunsch nach Autonomie als Fremdbestimmtheit erleben (vgl. Eccles, Midgley, Wigfield, Buchanan, Reuman, Flanagan & Mac Iver, 1993).

In unserer Studie berichteten männliche Teilnehmer von einem stärkeren Gefühl der Selbstwirksamkeit, wohingegen sich Mädchen im Bezug auf naturwissenschaftlichen Unterricht selbstbestimmter fühlten. Die Items zur Erhebung der Selbstwirksamkeit beziehen sich im Besonderen auf wahrgenommene Erfolgchancen in den Naturwissenschaften (z.B. „Ich bin sicher, dass ich in Prüfungen in den Naturwissenschaften gut abschneiden werde.“). Offensichtlich sind männliche Jugendliche zuversichtlicher, was ihre Leistungen in den Naturwissenschaften angeht, als weibliche Jugendliche (vgl. Wigfield, Eccles & Pintrich, 1996). Mögliche Erklärungen hierfür sind in der sozialkognitiven Lerntheorie von Bandura (z.B. Bandura, 1985) zu finden. Sie

besagt unter anderem, dass, wenn wir erfolgreiche Rollenvorbilder beobachten, auch der Glaube in unsere eigenen Fähigkeiten gestärkt wird. Dass Männer in Bezug auf Naturwissenschaften immer noch als das erfolgreiche Geschlecht gelten (vgl. Ceci & Williams, 2007), kann dazu führen, dass Jungen ihre naturwissenschaftlichen Fähigkeiten höher einschätzen als Mädchen. Im Schnitt zeigten sich in den Gesamtwerten des SMQ-II aber keine geschlechtsspezifischen Unterschiede, denn die weiblichen Jugendlichen kompensieren ihre niedrigen Werte im Bereich Selbstwirksamkeit damit, dass sie ihr Lernen als stärker selbstbestimmt erfahren als die männlichen. Ein Grund für diesen Befund könnte sein, dass sich Mädchen im schulischen Kontext als gewissenhafter und engagierter zeigen als Jungen, was sich in Verhaltensweisen wie unaufgefordertes Mitschreiben im Unterricht, in der ersten Reihe sitzen oder Hausaufgabenmachen widerspiegelt (Zusman, Knox & Liebermann, 2005). Dadurch nehmen Mädchen gezielt Einfluss auf ihren schulischen Erfolg und könnten so auch ein stärkeres Gefühl von Selbstbestimmtheit entwickeln.

Dagegen konnten wir in unserer Stichprobe nur marginale Zusammenhänge zwischen den Big-Five-Persönlichkeitsmerkmalen und der Motivation gegenüber Naturwissenschaften finden. Geringe Korrelationen zeigten sich nur für die Subskala *Selbstbestimmtheit* mit *Gewissenhaftigkeit* und *Neurotizismus*. Allerdings ist dieser Zusammenhang zu erwarten, da Persönlichkeitsmerkmale in starkem Zusammenhang mit Verhalten, das Menschen an den Tag legen, gesehen werden (z.B. Furnham & Chamorro-Premuzic, 2004). Da, wie bereits erwähnt, der SMQ-II die Selbstbestimmtheit, im Gegensatz zu den anderen Subskalen, besonders über Verhaltensmuster abfragt, ist schließlich ein Zusammenhang mit Persönlichkeitsmerkmalen naheliegend. Dennoch sollten zwei Aspekte für die Interpretation der Ergebnisse in Betracht gezogen werden: (i) Es wurden nur Korrelationen von Persönlichkeitsmerkmalen und *Selbstbestimmtheit* gefunden. Das könnte die bereits erwähnte Annahme bestätigen, dass diese Subskala von den anderen Subskalen abweicht. (ii) Obwohl das Instrument zur Messung der Persönlichkeitsmerkmale mit 10 Items bereits als valide bestätigt wurde (Rammstedt & John, 2007), könnte der Einsatz eines ausführlicheren Persönlichkeitsfragebogens z.B. der BFI-44 (Benet-Martinez & John, 1998; John, Donahue & Kentle 1991; John & Srivastava, 1999) im selben Zusammenhang weitere Informationen zur Beziehung zwischen SMQ-II und Persönlichkeit bringen.

### **5.2 Teilstudie B: Zusammenhang zwischen Motivation gegenüber Naturwissenschaften und kognitiven Leistungen von Jugendlichen**

Wir konnten nachweisen, dass die Schüler, die an unserem Lernprogramm teilnahmen, sowohl kurz- als auch mittelfristig dazulernten. Dabei zeigte der Wissensstand der Schüler einen typischen Verlauf: Schüler konnten direkt nach der Intervention im Schnitt 4,5 Items mehr richtig beantworten als vor der Intervention. Etwa sechs Wochen nach der Teilnahme am Lernmodul wussten sie noch 2,6 Items mehr als zu Beginn der Studie. Das bedeutet, dass die Schüler ein Teil des abgefragten Wissens, das sie während der Intervention dazugelernt hatten, nach einer sechswöchigen Unterbrechung nicht mehr reproduzieren

konnten. Dies war zu erwarten, wenn man die kognitiven Übertragungsprozesse von Kurz- in Langzeitgedächtnis berücksichtigt (Driscoll, 2005). Daher findet man auch viele aktuelle Studien, die bei einem ähnlichen Studiendesign vom selben Muster der Wissensentwicklung berichten (vgl. Gerstner & Bogner, 2010; Goldschmidt & Bogner 2015; Liefländer, Bogner, Kibbe & Kaiser, 2015). Allerdings waren die Lernumgebungen der zitierten Studien sehr unterschiedlich (schülerzentriert - lehrerzentriert, formell - informell, eintägig - mehrtägig), weshalb Einflussfaktoren auf Lernen und Wissen nur unter Vorbehalt ableitbar sind. Daher ist die Betrachtung weiterer Variablen nötig, um zu einer Aussage zu kommen.

Wir konnten feststellen, dass die Motivation gegenüber Naturwissenschaften, die vor der Teilnahme an der Intervention erhoben wurde, entscheidend für das Wissen der Jugendlichen war. Schüler, die diesbezüglich sehr motiviert waren, hatten größeres Vorwissen und schnitten auch im Nach- und im Behaltenstest besser ab, als die weniger motivierten Schüler. Dieser Effekt wurde in der Literatur bereits beschrieben (Black & Deci, 2000; Britner & Pajares; 2001; Singh, Granville & Dika, 2002). Allerdings konnten wir bei unserer Studiengruppe feststellen, dass auch die wenig motivierten Schüler relativ zu ihrem Vorwissen einen ähnlichen Lernerfolg erzielen konnten wie die motivierten Schüler. Mögliche Gründe für den Lernerfolg aller Motivationsgruppen könnten im Aufbau unseres Lernmoduls zu finden sein:

- Das Thema „Erneuerbare Energien“ wurde von den Schülern als relevant wahrgenommen (Cole, Bergin & Wittaker, 2008)
- Durch den schüleraktiven Ansatz konnten Interesse und Freude am Lernen geweckt werden (Sturm & Bogner, 2008)
- Durch selbstgesteuertes Lernen konnte die wahrgenommene Autonomie der Schüler gestärkt werden (Bandura, 1993; Black & Deci, 2000)
- Durch den Fokus des Lernmoduls auf die Lösung von Aufgaben (im Gegensatz zu z.B. Noten) konnten die Schüler persönlichen Potentiale ausschöpfen (Anderman & Maehr, 1994)

Für die oben aufgeführten Argumente spricht auch, dass besonders Interesse, Freude und wahrgenommene Selbstwirksamkeit mit den Leistungen im Wissenstest korrelierten. Studien von z.B. Bandura (1993), Goldschmidt und Bogner (2015) oder Obrentz (2012) bestätigen, dass intrinsische Motivation einen positiven Einfluss auf kognitive Leistungen haben kann.

Wie in Studie A fiel auch in Studie B die Unterskala *Selbstbestimmtheit* aus der Reihe. Sie zeigte im Gegensatz zu den anderen Unterskalen zu allen drei Testzeitpunkten keine Korrelation mit dem Wissen der Schüler. Das ist auch in diesem Fall ungewöhnlich, da wir mit Blick auf z.B. Black und Deci (2000) die wahrgenommene Autonomie als positiven Einflussfaktor auf das Wissen und Lernen unserer Studiengruppe eingeschätzt hatten. Mögliche Gründe für die Abweichungen der Subskala sind bereits in 5.1 ausführlich beschrieben.

### 5.3 Teilstudie C: Zusammenhang zwischen Umwelteinstellung auf und kognitiven Leistungen von Jugendlichen

Ähnlich wie in Bogner und Wiseman (2006) oder Fremerey und Bogner (2015) zeigten die Studienteilnehmerinnen mit ihren Angaben beim 2-MEV eine stärker bewahrende Umwelteinstellung (hohe Werte *preservation*) als ihre männlichen Mitschüler. Die männlichen Studienteilnehmer dagegen gaben im Gegensatz zu ihren Mitschülerinnen eine stärker ausnutzende Umwelteinstellung (hohe Werte *utilization*) an. Die eher umweltschützende Haltung von Frauen (Zelezny, Chua & Aldrich, 2000) wird Sozialisationsprozessen und bestimmten Rollenbildern zugeschrieben. In vielen Kulturen wird von Frauen erwartet, dass sie z.B. hilfsbereit und kooperativ sind, während Männern Eigenschaften wie Eigenständigkeit und Kompetitivität als positiv angerechnet werden (Eagly & Kite, 1987). Allerdings sind andere Literaturquellen, die ebenfalls mit dem 2-MEV arbeiten, nicht eindeutig: Während einige Studien zwar bei Männern eine stärkere Tendenz zur Ausnutzung der Umwelt fanden, wurden bei Frauen keine umweltfreundlicheren Präferenzen festgestellt (Boeve-de Pauw & van Petegem, 2011; Oerke & Bogner, 2010). Bei Kindern im Alter zwischen zehn und zwölf Jahren wurden zum Teil gar keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich der Umwelteinstellung ermittelt (Dieser & Bogner, eingereicht, Liefländer & Bogner, 2014). Auch in unserer Studie konnte *beim Verhalten*, dass die Teilnehmer nach eigener Aussage an den Tag legten (gemessen mit dem GEB), kein Unterschied zwischen den Geschlechtern ausgemacht werden. Das bedeutet, Frauen gaben nicht an umweltfreundlicher zu handeln als Männer.

Auch in unseren weiteren Analysen zeigte sich der 2-MEV im Gegensatz zum GEB gendersensitiv: Eine niedrige Präferenz für Umweltausnutzung (niedriger *utilization*-Wert) war besonders wichtig für das Lernen der männlichen Studienteilnehmer, während weibliche Teilnehmer dann besonders gut abschnitten, wenn sie von einer besonders hohen Umweltschutztendenz (hoher *preservation*-Wert) berichteten. Wer angab, besonders umweltfreundlich zu handeln, konnte ebenfalls besonders von unserem Lernmodul profitieren, allerdings unabhängig von seinem Geschlecht. Mit einem ähnlichen Test-Design kamen Dieser und Bogner (eingereicht) mit Viertklässlern zu dem Ergebnis, dass das Vorwissen (Wissen in  $T_0$ ) von Schülern bereits mit der Umwelteinstellung zusammenhing, während in der vorliegenden Studie das Lernen (Differenz zwischen Wissen in  $T_0$  und  $T_1/T_2$ ) für Korrelationen mit Umwelteinstellungen verantwortlich zeichnete. Boeve-de Pauw und Van Petegem (2011) fanden in ihrer Studie heraus, dass Umweltwissen negativ mit Umweltausnutzungspräferenzen (hohe *utilization*-Werte) korrelierte, dass aber kein Zusammenhang zu Naturschutzpräferenzen (*preservation*-Werte) bestand. Genau das Gegenteil war bei Fremerey und Bogner (2015) der Fall. Sie berichteten nur von Korrelationen zwischen Naturschutzpräferenzen (hohe *preservation*-Werte) und Wissen. Der Grund für diese unterschiedlichen Ergebnisse könnte im Studien- und Itemdesign der Wissensfragen, sowie im unterschiedlichen Alter der Studiengruppen liegen.



#### 5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Studie für Unterricht und Forschung

Der **SMQ-II** scheint auch für den **Einsatz bei Jugendlichen ein sinnvolles Instrument** zur Evaluation der Motivation gegenüber Naturwissenschaften zu sein, da seine Faktorenstruktur, wie in der Literatur angegeben, bestätigt werden konnte und die Auswertung der Daten zu schlüssigen und mit der Literatur übereinstimmenden Ergebnissen führte. Allerdings zeigten einzelne Subskalen statistische Abweichungen. Da der SMQ-II ursprünglich für US-amerikanische College-Studenten konzipiert war, sollte in weiterführenden Studien abgeklärt werden, ob dieses Ergebnis auf das Alter oder die Lebenswelt unserer Studiengruppe zurückzuführen ist. Durch eine Anwendung des SMQ-II Fragebogens mit europäischen Universitätsstudenten und anschließender Analyse, könnte diese Frage weiter erörtert werden. Auch eine Anpassung der Items der Subskala Selbstbestimmtheit, wie in 5.1 dargestellt, mit anschließender Validierung könnte in einer Anschlussstudie umgesetzt werden. Ein ebenfalls sehr vielversprechendes Forschungsvorhaben wäre zu untersuchen, ob mittels einer gezielten Intervention langfristige Änderungen der naturwissenschaftlichen Motivation von Schülern erreicht werden können.

Wir konnten feststellen, dass sowohl motivierte als auch wenig motivierte Schüler mit Hilfe unseres Unterrichtsmoduls, **relativ** im Verhältnis zu ihrem **Vorwissensstand, dazulernten**. Ein Grund dafür, dass auch die anfangs weniger motivierten Schüler genauso gute Leistungen bringen konnten wie die motivierten Schüler, könnte die Anwendung von individuellen und nicht von sozialen Referenzstandards sein. Die Schüler konnten sich mit der Lösung von Aufgaben eingehend befassen, mussten aber nicht im Vergleich mit der Klasse bestehen, da Lösungen nicht bewertet wurden. Laut Anderman und Maehr (1994) kann die Vermeidung von sozialen Vergleichen, also der Vergleich von „guten“ und „schlechten“ Schülern, zu besseren Leistungen der schwächeren Schüler führen. Auch Bandura (z.B. 1993) sei hier erwähnt, der beschreibt, dass der Vergleich mit anderen, die bessere Leistungen bringen als man selbst, zu einer Verringerung der wahrgenommenen Selbstwirksamkeit und somit zu schlechteren Leistungen führen kann. Daher empfehlen auch wir, die Vorbedingungen, mit denen der Schüler in die Klasse kommt, zu berücksichtigen, um individuelle Erfolge erkennen und dem Schüler bewusst machen zu können.

Allerdings korrelierte die Motivation gegenüber Naturwissenschaften bereits vor der Intervention positiv mit dem Vorwissen der Schüler: **Motivierte Schüler wissen** also im **ersten Wissenstest** bereits **mehr** als wenig motivierte Schüler. Das führt zu der Schlussfolgerung, dass die Motivation gegenüber Naturwissenschaften das Wissen beeinflussen könnte, indem zum Beispiel mehr Anstrengung und Beteiligung an den Tag gelegt wird (Selbstbestimmtheit), dass aber auch das Wissen indirekt die Motivation beeinflussen könnte, da Schüler mit viel Wissen besseres Feedback bekommen (extrinsische Motivation, Noten) als auch selbst größeren Erfolg in den Naturwissenschaften wahrnehmen (Selbstwirksamkeit). Das Lernen wurde in unserer Studie allerdings nicht signifikant von der Motivation gegenüber Naturwissenschaften

beeinflusst. Das bedeutet zum einen, dass nicht eindeutig gesagt werden kann, ob die Motivation das Wissen oder das Wissen (dann wahrscheinlich indirekt) die Motivation beeinflusst, zum anderen kann es sein, dass der Einfluss der Motivation erst langfristig, z.B. über ein Schulhalbjahr hinweg, messbar wird.

**Schüler** berichteten von einem **geringeren Gefühl der Selbstbestimmtheit als Studenten** in vergleichbarer Literatur. Der Vergleich der Ergebnisse unserer Studie, die mit Jugendlichen durchgeführt wurde, und der Literatur, bei denen Studenten im Fokus der Studie standen (z.B. Glynn et al., 2011; Obrentz, 2012), ergab, dass Schüler ihr Lernen in den Naturwissenschaften als weniger selbstbestimmt erfahren als Studenten. Eine Verbesserung der wahrgenommenen Selbstbestimmtheit von Schülern durch gezielte schulische Maßnahmen wäre wünschenswert, um die Gesamtmotivation der Schüler zu steigern.

**Mädchen waren nicht weniger motiviert** für naturwissenschaftliche Fächer als Jungen, **aber anders**. Wir konnten nicht feststellen, dass weibliche Jugendliche im Schnitt geringere SMQ-II Werte zeigten als männliche. Was allerdings auffiel, war das geringere Gefühl von Selbstwirksamkeit der Mädchen. Das könnte bedeuten, dass das mangelnde Interesse von Mädchen und Frauen an naturwissenschaftlichen Karrieren, von der im Rocard Report berichtet wird (Rocard et al. 2007), seinen Ursprung im Gefühl, geringere Erfolgsaussichten zu haben, hat. Maßgeschneiderte Lernprogramme für Mädchen, die speziell Erfolgserlebnisse im MINT Bereich vermitteln (Pajares, 2002), könnten also das geringere Interesse von Mädchen für diese speziellen Themen heben.

Im Gegensatz zu den Korrelationen zwischen Vorwissen und SMQ-II, zeigte sich das interventionsspezifische Wissen der Jugendlichen im Vortest unabhängig von Umwelteinstellung oder selbst-dargelegten Umweltverhalten. Allerdings konnten die Schüler mit einer positiven Einstellung gegenüber der Umwelt vor allem langfristig signifikant bessere Lernerfolge aufweisen. Das langfristige Lernen der Jugendlichen war also teilweise von den zuvor berichteten (Umwelt-)Einstellungen abhängig.

Allerdings waren für den **langfristigen Lernerfolg** von **Jungen und Mädchen unterschiedliche Aspekte von Umwelteinstellungen** verantwortlich: Während Jungen eher von geringen Umweltausnutzungs-Präferenzen profitierten, war es für Mädchen eher wichtig, eine positive Umweltschutzeinstellung zu haben. Daher empfehlen wir auf Basis unserer Studie in Umweltbildungsmodulen, sowohl den verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen als auch den positiven Mehrwert einer intakten Umwelt anzusprechen. So könnten die Einstellungen von Jugendlichen beiderlei Geschlechts so gefördert werden, dass sie neuen Inhalten von (Umwelt-)Bildungsprogrammen aufgeschlossen gegenüberstehen und so erfolgreicher lernen können (Schiefele, 1991).

Bei der Betrachtung all dieser Faktoren, die für das Lernen eine Rolle spielen, sollte allerdings nicht vergessen werden, dass unsere Studiengruppe insgesamt langfristig von unserem naturwissenschaftlichem Umweltbildungsmodul profitierte. Wir folgten bei der Konzeption der Unterrichtseinheit der STS-Theorie (z.B. Aikenhead, 2003), die empfiehlt im MINT-Unterricht die Interaktionen zwischen Naturwissenschaft, Technologie und

Gesellschaft zu berücksichtigen und brachten des Weiteren, wie unter anderem von Hodson (2003) gefordert, Umweltaspekte verstärkt in das Lernprogramm ein.

**D Literaturverzeichnis der Zusammenfassung**

Aikenhead, G. S. (2003): STS education: A rose by any other name. In: *A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, 59–75. New York: Routledge Falme.

Anderman, E. M.; Maehr, M. L. (1994): Motivation and Schooling in the Middle Grades. *Review of Educational Research* 64 (2), 287–309. DOI: 10.3102/00346543064002287.

Amaroli, N.; Balzani, V. (2007): The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. In: *Angew. Chem. Int. Ed.* 46 (1-2), 52–66. DOI: 10.1002/anie.200602373.

Bandura, A. (1993): Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist* 28 (2), 117–148. DOI: 10.1207/s15326985ep2802\_3.

Bandura, A. (1986): Social foundations of thought and action: A social cognitive Theory: Englewood Cliffs, NJ Prentice Hall.

Benet-Martínez, V.; John, O. P. (1998). Los Cinco Grandes across cultures and ethnic groups: Multitrait-multimethod analyses of the Big Five in Spanish and English. *Journal of Personality and Social Psychology* 75 (3), 729–750.

Black, A. E.; Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science Education* 84 (6), S. 740–756.

Boeve-de Pauw, J.; van Petegem, P. (2011): The Effect of Flemish Eco-Schools on Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. In: *International Journal of Science Education* 33 (11), 1513–1538. DOI: 10.1080/09500693.2010.540725.

Bogner, F. X. (1998): The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective. In: *The Journal of Environmental Education* 29 (4), 17–29. DOI: 10.1080/00958969809599124.

Bogner, F. X. (1999): Empirical evaluation of an educational conservation programme introduced in Swiss secondary schools. In: *International Journal of Science Education* 21 (11), 1169–1185. DOI: 10.1080/095006999290138.

Bogner, F.X.; Johnson, B.; Buxner, S.; Felix, L. (2015): The 2-MEV model: Constancy of adolescent environmental values within an 8-year time frame. In: *International Journal of Science Education* 37 (12), 1938–1952. DOI: 10.1080/09500693.2015.1058988.

Bogner, F. X.; Wiseman, M. (2006): Adolescents' attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. In: *The Environmentalist* 26 (4), 247–254. DOI: 10.1007/s10669-006-8660-9.

- Britner, S. L.; Pajares, F. (2001). Self-efficacy beliefs, motivation, race, and gender in middle school science. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering* 7 (4), 15.
- Bryan, R. R.; Glynn, S. M.; Kittleson, J. M. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education* 95 (6), 1049–1065.
- Ceci, S. J.; Williams, W. M. (2007). Why aren't more women in science? Washington, DC: American Psychological Association.
- Cole, J. S.; Bergin, D. A.; Whittaker, T. A. (2008): Predicting student achievement for low stakes tests with effort and task value. *Contemporary Educational Psychology* 33 (4), 609–624. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2007.10.002.
- DeBoer, G. E. (2000): Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching* 37 (6), 582–601.
- DeWaters, J.; Powers, S. (2013): Establishing Measurement Criteria for an Energy Literacy Questionnaire. In: *The Journal of Environmental Education* 44 (1), 38–55. DOI: 10.1080/00958964.2012.711378.
- Dieser O.; Bogner, F.X. (2015): How does hands-on outdoor learning influence children's environmental perception? (eingereicht).
- Driscoll, M. P. (2005): Psychology of learning for instruction. 3rd ed. Boston: Pearson Allyn and Bacon.
- Eagly, A. H.; Kite, M. E. (1987): Are stereotypes of nationalities applied to both women and men? In: *Journal of Personality and Social Psychology* 53 (3), 451–462. DOI: 10.1037/0022-3514.53.3.451.
- Eccles, J. S.; Midgley, C.; Wigfield, A.; Buchanan, C. M.; Reuman, D.; Flanagan, C.; Mac Iver, D. (1993). Development during adolescence: The impact of stage-environment fit on young adolescents' experiences in schools and in families. *American Psychologist* 48 (2), 90–101.
- Field, A. P. (2013): Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock 'n' roll. 4th edition. London: SAGE
- Fremerey, C.; Bogner, F. X. (2015): Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. In: *Studies in Educational Evaluation* 44, 9–15. DOI: 10.1016/j.stueduc.2014.11.002.
- Furnham, A.; Chamorro-Premuzic, T. (2004). Personality and intelligence as predictors of statistics examination grades. *Personality and Individual Differences* 37 (5), 943–955.

Gardner, P. L. (1975): Attitudes to Science. A Review. *Studies in Science Education* 2 (1), 1–41. DOI: 10.1080/03057267508559818.

Gerstner, S.; Bogner, F. X. (2010): Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education* 32 (7), 849–870. DOI: 10.1080/09500690902803604.

Glynn, S. M.; Brickman, P.; Armstrong, N.; Taasoobshirazi, G. (2011): Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching* 48 (10), 1159–1176. DOI: 10.1002/tea.20442.

Glynn, S. M.; Taasoobshirazi, G.; Brickman, P. (2009). Science Motivation Questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*. 46 (2), 127–146.

Hodson, D. (2003): Time for action: Science education for an alternative future. In: *International Journal of Science Education* 25 (6), S. 645–670. DOI: 10.1080/09500690305021.

Goldschmidt, M.; Bogner, F. X. (2015): Learning About Genetic Engineering in an Outreach Laboratory: Influence of Motivation and Gender on Students' Cognitive Achievement. *International Journal of Science Education, Part B*, 1–22. DOI: 10.1080/21548455.2015.1031293.

John, O. P.; Donahue, E. M.; Kentle, R. L. (1991). The big five inventory—versions 4a and 54. Berkeley: University of California, Berkeley, Institute of Personality and Social Research.

John, O. P.; Srivastava, S. (1999). The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. *Handbook of personality: Theory and research* 2, 102–138.

Johnson, B.; Manoli, C. C. (2008): Using Bogner and Wiseman's Model of Ecological Values to measure the impact of an earth education programme on children's environmental perceptions. In: *Environmental Education Research* 14 (2), 115–127. DOI: 10.1080/13504620801951673.

Kaiser, F. G.; Oerke, B.; Bogner, F. X. (2007): Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents. In: *Journal of Environmental Psychology* 27 (3), 242–251. DOI: 10.1016/j.jenvp.2007.06.004.

Kibbe, A.; Bogner, F. X.; Kaiser, F. G. (2014): Exploitative vs. appreciative use of nature – Two interpretations of utilization and their relevance for environmental education. In: *Studies in Educational Evaluation* 41, 106–112. DOI: 10.1016/j.stueduc.2013.11.007.

- Kollmuss, A; Agyeman, J. (2002): Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? In: *Environmental Education Research* 8 (3), 239–260. DOI: 10.1080/13504620220145401.
- Laugksch, R.C. (2000): Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education* 84 (1), 71–94.
- McCrae, R. R.; Costa, P. T., Jr. (1997). Personality trait structure as a human universal. *American Psychologist* 52 (5), 509–516.
- O'Connor, M. C.; Paunonen, S. V. (2007). Big Five personality predictors of post-secondary academic performance. *Personality and Individual Differences* 43 (5), 971–990.
- Liefländer, A. K.; Bogner, F. X. (2014): The Effects of Children's Age and Sex on Acquiring Pro-Environmental Attitudes through Environmental Education. In: *The Journal of Environmental Education* 45 (2), 105–117. DOI: 10.1080/00958964.2013.875511.
- Liefländer, A. K.; Bogner, F. X.; Kibbe, A.; Kaiser, F. G. (2015): Evaluating Environmental Knowledge Dimension Convergence to Assess Educational Programme Effectiveness. *International Journal of Science Education* 37 (4), 684–702. DOI: 10.1080/09500693.2015.1010628.
- Milfont, T. L.; Duckitt, J. (2004): The structure of environmental attitudes: A first- and second-order confirmatory factor analysis. In: *Journal of Environmental Psychology* 24 (3), 289–303. DOI: 10.1016/j.jenvp.2004.09.001.
- Obrentz, S. B. (2012). Predictors of Science success: The impact of motivation and learning strategies on college chemistry performance. *Educational Psychology and Special Education Dissertations*. Paper 77.
- Oerke, B.; Bogner, F. X. (2013): Social Desirability, Environmental Attitudes, and General Ecological Behaviour in Children. In: *International Journal of Science Education* 35 (5), 713–730. DOI: 10.1080/09500693.2011.566897.
- Oerke, B.; Bogner, F. X. (2010): Gender, age and subject matter: impact on teachers' ecological values. In: *The Environmentalist* 30 (2), 111–122. DOI: 10.1007/s10669-009-9250-4.
- Osborne, J.; Simon, S.; Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25 (9), 1049–1079.
- Pajares, F. (2002): Gender and perceived self-efficacy in self-regulated learning. *Theory into practice* 41 (2), 116–125.
- Pajares, F. (1996): Self-Efficacy Beliefs and Mathematical Problem-Solving of Gifted Students. *Contemporary Educational Psychology* 21 (4), 325–344. DOI: 10.1006/ceps.1996.0025.

Rammstedt, B.; John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five Inventory in English and German. *Journal of Research in Personality* 41 (1), 203–212.

Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walberg-Henriksson, H.; Hemmo, V. (2007). Science education now. A renewed pedagogy for the future of Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Roczen, N.; Kaiser, F. G.; Bogner, F. X.; Wilson, M. (2014): A Competence Model for Environmental Education. In: *Environment and Behavior* 46 (8), 972–992. DOI: 10.1177/0013916513492416.

Ryan, R. M.; Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25 (1), 54–67.

Schiefele, U. (1991): Interest, Learning, and Motivation. In: *Educational Psychologist* 26 (3-4), 299–323. DOI: 10.1080/00461520.1991.9653136.

Schmid S.; Bogner, F. X. (2016): How constant is motivation in classes of upper secondary schools? A revision of the Science Motivation Questionnaire 2, (eingereicht)

Schunk, D. H.; Pintrich, P. R.; Meece, J. L. (2008): Motivation in education. Theory, research, and applications. 3rd ed. Upper Saddle River, N.J: Pearson

Singh, K.; Granville, M.; Dika, S. (2002). Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. *The Journal of Educational Research* 95 (6), 323–332.

Soto, C. J.; John, O. P.; Gosling, S. D.; Potter, J. (2008). The developmental psychometrics of big five self-reports: Acquiescence, factor structure, coherence, and differentiation from ages 10 to 20. *Journal of Personality and Social Psychology* 94 (4), 718–737.

Stern, P.C.; Kalof, L.; Dietz, T.; Guagnano, G. A. (1995): Values, beliefs, and proenvironmental action: attitude formation toward emergent attitude objects<sup>1</sup>. In: *Journal of applied social psychology* 25 (18), S. 1611–1636.

Stevens, J.P. (2009). Applied multivariate statistics for the social sciences. Routledge.

Sturm, H.; Bogner, F.X. (2008): Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education* 30 (7), 941–959. DOI: 10.1080/09500690701313995.

Vedder-Weiss, D.;Fortus, D. (2012). Adolescents' declining motivation to learn science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*.49 (9), 1057-1095.



Wigfield, A.; Eccles, J.S.; Pintrich, P.R. (1996). Development between the ages of eleven and twenty-five. Berliner, D.C., Calfee, R.C. (Hg.): The handbook of educational psychology. New York: Macmillan, 148–187.

Wilcox, R. R. (2005): Introduction to robust estimation and hypothesis testing. 2nd ed. Amsterdam, Boston: Elsevier/Academic Press.

Zelezny, L. C.; Chua, P.; Aldrich, C. (2000): Elaborating on gender differences in environmentalism. In: *Journal of social issues* 56 (3), 443–458.

Zeyer, A.t; Çetin-Dindar, A.; Md Zain, A. N.; Juriševič, M.; Devetak, I.; Odermatt, F. (2013). Systemizing: A cross-cultural constant for motivation to learn science. *Journal of Research in Science Teaching* 50 (9), 1047–1067.

Zimmerman, B. J. (2000): Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology* 25 (1), 82–91. DOI: 10.1006/ceps.1999.1016.

Zimmerman, B. J.; Bandura, A.; Martinez-Pons, M. (1992): Self-Motivation for Academic Attainment: The Role of Self-Efficacy Beliefs and Personal Goal Setting. *American Educational Research Journal* 29 (3), 663–676. DOI: 10.3102/00028312029003663.

Zusman, M.; Knox, D.; Lieberman, M. (2005). Gender Differences in Reactions to College Course Requirements or "Why Females Are Better Students". *College Student Journal* 39 (4), 621–626.

## E Teilarbeiten

### 1. Publikationsliste

- A Schumm, M. F. & Bogner, F.X. (2016)  
Measuring Adolescent Science Motivation  
International Journal of Science Education, 38(3), 434-449  
doi: 10.1080/09500693.2016.1147659  
(published)
- B Schumm, M. F. & Bogner, F.X. (2016)  
The Impact of Science Motivation on Cognitive Achievement within a 3-Lesson  
Unit about Renewable Energies  
Studies in Educational Evaluation, 50, 14-21  
doi: 10.1016/j.stueduc.2016.06.002  
(published)
- C Schumm, M. F. & Bogner, F.X. (2016)  
How Environmental Attitudes interact with Cognitive Learning in a Science Lesson  
Module  
Education Research International  
(submitted, Manuscript ID 6136527)

Die im Folgenden abgedruckten Artikel entsprechen aus urheberrechtlichen Gründen der akzeptierten Version beim jeweiligen Verlag.

## **2. Darstellung des Eigenanteils**

Konzeption des Lernmoduls, so wie Konzeption, Auswertung und Interpretation der Begleitstudie wurden von mir selbst durchgeführt. Die Materialien des Lernmoduls wurden von mir selbst auf didaktisch-pädagogischer Grundlage entworfen und optimiert. Die Evaluation wurde von mir selbst konzipiert und die Erhebung der Daten wurde von mir selbst durchgeführt. Die Daten wurden selbständig ausgewertet und interpretiert. Alle drei Teilarbeiten wurden von mir als Erstautor konzipiert, verfasst und unter Zusammenarbeit mit meinen Mitautoren kritisch überarbeitet.

### **3. Teilarbeit A:**

Schumm, M. F. & Bogner, F.X. (2016)

Measuring Adolescent Science Motivation

International Journal of Science Education  
doi: 10.1080/09500693.2016.1147659  
(published)

## Measuring Adolescent Science Motivation

Maximiliane F. Schumm, Franz X. Bogner

*Centre of Math & Science Education (Z-MNU), University of Bayreuth, Universitaetsstraße  
30, 95447 Bayreuth, Germany*

### Abstract

To monitor science motivation, 232 tenth graders of the college preparatory level ('Gymnasium') completed the Science Motivation Questionnaire II (SMQ-II). Additionally, personality data were collected using a 10 items-version of the Big Five Inventory. A subsequent exploratory factor analysis based on the eigenvalue-greater-than-one criterion, extracted a loading pattern, which in principle, followed the SMQ-II frame. Two items were dropped due to inappropriate loadings. The remaining SMQ-II seems to provide a consistent scale matching the findings in literature. Nevertheless, also possible shortcomings of the scale are discussed. Data showed a higher perceived self-determination in girls which seems compensated by their lower self-efficacy beliefs leading to equality of females and males in overall science motivation scores. Additionally, the Big Five personality traits and science motivation components show little relationship.

Key words: Science motivation, assessment, personality traits, self-efficacy, secondary education, Big Five

### Introduction

Many studies analyzing attitudes, interest and motivation of students towards science point to a decreasing tendency during school careers, especially in secondary school (e.g. Osborne, Simon & Collins, 2003). Lack of motivation in science may interfere with the scientific literacy needed for responsible decision-making and behaviour, and cause a decrease in the motivation to choose a career related to science; girls in particular are affected by this (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson & Hemmo, 2007). One approach to counteracting this may lie in better methods of assessing motivation in science to understand students' needs for tailored teaching programs and methods. To support learners in a targeted way we need to characterize (un)motivated students as precisely as possible, as well as to analyze certain aspects of motivation.

### *Motivation towards learning Science*

Motivation to learn science is often defined as "an internal state that arouses, directs, and sustains science-learning behaviour" (Glynn, Brickman, Armstrong & Taasooobshirazi, 2011, p.2). Motivation plays a big role in learning science, promoting academic success and provoking more help seeking behaviours and commitment (Schunk, Pintrich & Meece, 2008). For teachers (or lecturers), it is important to understand students' lack of motivation, and how

to counteract, for example, by providing assistance in self-assessment and goal setting (Pajares, 2002), or by increasing autonomy (Black & Deci, 2000). This implies the need for valid tools to assess motivation. Measurement of science motivation can also help in examining relations between motivational components and other factors like personality (see this present study), academic performance or intelligence.

The search for appropriate tools to measure science motivation is not new (for an overview, see Lovelace & Brickman, 2013). The most up to date questionnaire with high quality and simple language seems to be the Science Motivation Questionnaire (SMQ/SMQ-II, Glynn, Taasobshirazi & Brickman, 2009, Glynn et al. 2011), primarily developed for college courses to identify unmotivated students in order to address their special requirements (Glynn & Koballa, 2006). A multicomponent construct provided the frame for assessing science motivation (of college students), combining important motivational factors: intrinsic motivation in combination with personal relevance, extrinsic motivation differentiated in grade and career motivation as well as self-determination and self-efficacy (Glynn et al. 2009). The model itself was grounded on the social-cognitive theory of human learning (Bandura, 1986). Of the many motivational components linked to learning science (see Glynn & Koballa, 2006; Glynn et al. 2009; Schunk et al., 2008), Glynn and colleagues (2011) extracted five factors, already mentioned above, as essential:

Intrinsic motivation is the drive we feel when we do something because it is inherently interesting or enjoyable (Ryan & Deci, 2000). A reward for performing an intrinsically motivated activity is the activity itself. Consequently, intrinsic motivation is regarded as an important factor influencing academic achievements; items in the SMQ-II refer to curiosity, interest, value and pleasure on science/science learning.

When extrinsically motivated, we do something because it leads to a tangible outcome (Ryan & Deci, 2000). In a scholastic setting, concrete outcomes are grades, as short-term goals, and potential professions as long-term results of achievements during the school career. In these two extrinsic motivators, two opposite ends of a continuum were identified: the motive of doing something because we expect external compensation (e.g. good grade as reward) or because we endorse the value or utility of the extrinsic goal (e.g. better career options) (Ryan & Deci, 2000).

Two further aspects are essential for understanding (intrinsic) motivation: the autonomy we feel in our acting and our perceived competence performing a task - self-determination and self-efficacy (Ryan & Deci, 2000). The self-determination theory takes into account the recurring finding that extrinsic rewards may weaken intrinsic motivation (Deci, Koestner & Ryan, 1999; Deci & Ryan, 1985). In an educational context, this self-determination refers to the control a student perceives he has over his learning. The feeling of autonomy leads to positive impact on academic performance (Black & Deci, 2000) and is therefore interesting for research on science motivation with students. The SMQ-II items for assessing self-determination refer mostly to the effort and commitment students show in science classes ("I study hard..., I prepare well..., I put enough effort..., I spend a lot of time") and are, in contrast to the items of the other subscales, connected to behaviour patterns associated with achievement behaviour.

Self-efficacy is the individual's perception of competence to accomplish separable tasks and attain certain results (Pajares, 1996). According to social cognitive theory we are

more motivated to learn if we believe we can achieve the desired result (Bandura, 1986); whereas if we have low self-efficacy we are afraid of difficult tasks because we have negative expectations and don't believe in our ability to manage the task (Glynn et al., 2009). Therefore, it is not surprising that e.g. Pajares (2002) postulates self-efficacy as a very strong predictor of academic achievement. Furthermore, self-efficacy beliefs are also held responsible for influencing adolescents' career decisions (Bandura, Barbaranelli, Caprara & Pastorelli, 2001).

Early studies applied the SMQ of 2009 with no adaptation in wording to younger age groups (e.g. Bryan, Glynn & Kittleson, 2011 or Zeyer, Çetin-Dindar, Md Zain, Jurišević, Devetak & Odermatt, 2013) and more recently, Schmid and Bogner (2015) confirmed selected subscales of the SMQ-II as suitable and applicable to secondary school students.

As noted earlier, understanding of motivational aspects may lead to overcoming motivational barriers to learn science, since one aspect of Glynn's et al. (2011, p. 14) scale is to "examine relationships between student's motivation and students' characteristics". According to Rothstein, Paunonen, Rush and King (1994) science motivation components and personality traits are considered to influence scholastic success, whereas science achievement is regarded as dependent on science motivation (e.g. Singh, Granville & Dika, 2002). Since personality traits reveal what a person will do (e.g. Furnham & Chamorro-Premuzic, 2004), they should be especially related to action-oriented items of the SMQ-II.

### The Big Five

Tupes and Christal (1961) first hypothesized a five-factor structure of personality by analyzing adjectives describing human characteristics. In the 1980's McCrae and Costa (1985, 1987) finally confirmed the five main factors as valid: Extraversion, Agreeableness, Conscientiousness, Neuroticism and Openness. Later on Goldberg (1990) labelled this set the "Big Five". McCrae and Costa (1987) showed the validity of the five factor personality model across instruments (adjective factors and questionnaire) and observers (self reports and peer ratings). A later study of McCrae and Costa (1997) suggested the Big Five personality trait structure is applicable in different cultural backgrounds. Soto, John, Gosling and Potter (2008) confirmed the five factor structure with about 230,000 subjects aged 10 to 20 with the original Big Five Inventory (BFI, Benet-Martinez & John, 1998; John, Donahue, Kentle, 1991; John & Srivastava, 1999) for all ages. Soto et al. (2008) reported for adolescents above 14 years fewer differences in their personality self-reports compared to younger ones, which implies the applicability of personality self-reports to secondary school students. O'Connor and Paunonen (2007) showed the Big Five factors to be strongly predictive of scholastic success. We assume the Big Five to be an appropriate model to analyze relations to science motivation in a scholastic setting. A short questionnaire to assess the Big Five personality traits is the BFI-10 (Rammstedt & John, 2007) with 10 items.

To allow a more detailed description of motivational facets of learners we collected data of the science motivation of upper secondary school students, tested if the instrument is applicable for our target group, examined differences of motivational components and examined potential relationships between science motivation and personality. Our research questions were the following:

- Is the SMQ-II a valid instrument for measuring the science motivation of upper secondary school students?
- Can we confirm the structure of science motivational components for upper secondary school students?
- Are there gender differences between the components of science motivation?
- Are personality traits correlated with science motivation components of upper secondary school students?

### Methods

232 Bavarian 10th graders of the college preparatory secondary school level ('Gymnasium') ( $M \pm SD$ :  $16.02 \pm 0.56$ ; 50.41 % females) participated in our study. The questionnaires were completed one week before participation in one of our regular learning programs. Teachers registered their classes for the learning program and students gave their informed consent to participation.

We applied the Science Motivation Questionnaire II (SMQ-II, Glynn et al. 2011) with 25 items (each subscale has five items) for monitoring: Intrinsic motivation, career motivation, self-determination, self-efficacy and grade motivation. The response pattern followed a five-point Likert scale from never (1), rarely (2), sometimes (3), often (4) to always (5). We used the German version of the SMQ-II slightly adapted to the German school system (e.g. conversion of US grade system as used in the original scale e.g. "A" as best grade in the German grade system "1" as best grade).

We also assessed the Big Five personality traits: extraversion, agreeableness, conscientiousness, neuroticism and openness using the 10 items-version of the Big Five Inventory BFI-10 (Rammstedt & John, 2007). The questionnaire was designed for research settings with time restrictions and has been published in a German version. It was tested by Rammstedt and John (2006) for retest reliability, structural validity and convergent validity with the NEO-PI-R questionnaire with 48 items (Costa & McCrae, 1992) and part-whole correlation with the BFI-44 questionnaire with 44 items (Benet-Martinez & John, 1998; John et al., 1991; John & Srivastava, 1999). Rammstedt & John (2007) confirm that the BFI-10 offers a sufficient level of reliability and validity and can therefore be used in contexts where time is limited. The response pattern again followed a five-step Likert scale from disagree strongly (1) to agree strongly (5).

For our statistical analysis, we used SPSS (Version 22.0). First, we applied an exploratory factor analysis to the SMQ-II to test if our results correspond with those of Glynn et al. (2011). We used oblique rotation because relations between motivational components are likely (e.g. Ryan & Deci, 2000). For analysis of the adequacy of our sample, the Kaiser-Meyer-Olkin-Test (KMO, Kaiser, 1970) and Bartlett's test of sphericity were examined. The correlation matrix was checked for very high ( $r > 0.9$ ) and very small correlations ( $r < 0.3$ ). After the first analysis, items 22 and 25 were removed due to loadings deviating from the hypothesized structure (Glynn et al., 2011) and high cross loadings (over 0.3). Subsequently, factor analysis was applied again. In the anti image matrix, we targeted diagonal elements  $< 0.5$  and off-diagonal elements with high values. We also performed the KMO test again and calculated Cronbach's Alpha for the remaining 23-items scale and for each subscale. Again,



the item correlation matrix and correlations between motivational components were examined.

Kaiser-Guttman criterion (eigenvalue of factor greater than one, Kaiser, 1960) was employed to determine the number of factors to extract. The number of variables in our analysis as well as the communalities (see below) suggest that this criterion should produce an accurate solution (see Stevens, 2009).

Following the central limit theorem, we assumed normal distribution of the data and examined differences between subscale of the SMQ-II and gender differences within the subscales for the first with paired sample t-test and with independent sample t-test for the latter. The effect size measures (Cohen's d) followed Glynn et al. (2011). Because only complete sample sets have been included in our analysis the sample size differed slightly in the different measures (see table 1). For each correlation between subscales of SMQ-II and those of BFI-10 (Rammstedt & John, 2007), we calculated a two-tailed level of significance and the corresponding 95% confidence interval (CI). The Bonferroni correction was applied (level of significance  $p < 0.002$ ). For our statistical analysis, we used SPSS (Version 22.0).

Table 1 Descriptive statistics of analyzed samples

	N	Age		Gender [%]	
		M	SD	female	male
Sample with complete SMQ-II	226	16.00	.568	48.7	51.3
Sample with complete SMQ-II and BFI-10	204	15.99	.546	49.5	50.5

## Results

### Factor analysis

As postulated by Glynn et al. (2011), using an exploratory principal axes factor analysis with oblique rotation we extracted a five factor structure from the SMQ-II on the basis of eigenvalues  $> 1.0$  (Kaiser, 1960) explaining 69.55% of the total variance. Also, the scree-plot showed inflections that justify assuming five factors. All factor loadings show values above 0.3 on their main factor, the KMO value of 0.91 indicates distinct and reliable factors (Kaiser, 1970). Diagonal elements of the anti-image Matrix are all above 0.79. Most of the off-diagonal elements were small (less than or equal to 0.42). The Barlett test was significant ( $p < 0.001$ ) indicating that correlations between items are significantly different from zero (Field, 2013). 7% of the residuals rated higher than 0.05 indicating the observed correlation coefficients and correlation coefficients predicted by the model are very similar. The pattern matrix of the first factor analysis after rotation with the 25 item set is shown in table 2. Cronbach's Alpha of 0.91 indicates a good overall reliability according to Kline (1999). The loading pattern followed the one observed by Glynn et al. (2011), with the exception of items 22 and 25 (due to following the postulated structure). We decided to exclude these items from further calculations.

Table 2 Exploratory factor analysis with SMQ-II after rotation, (N=226), df=300, table shows factor loadings  $> \pm 0.3$ ,  $\alpha=0.91$

	Factor				
	1	2	3	4	5
SMQ 2	0.76				
SMQ 4	0.67				
SMQ 3	0.63				
SMQ 1	0.62				
SMQ 5	0.62				
SMQ 14		0.87			
SMQ 12		0.85			
SMQ 11		0.76			
SMQ 13		0.75			
SMQ 15		0.45			
SMQ 7			0.96		
SMQ 8			0.90		
SMQ 6			0.89		
SMQ 9			0.74		
SMQ 10			0.69		
SMQ 24				-0.74	
SMQ 23				-0.54	
SMQ 21				-0.53	-0.33
SMQ 17					-0.83
SMQ 16					-0.81
SMQ 18					-0.70
SMQ 19					-0.64
SMQ 22				-0.34	-0.57
SMQ 25				-0.33	-0.50
SMQ 20					-0.46
$\alpha$	0.86	0.85	0.93	0.74	0.89

A repeated factor analysis produced a clear structure of five factors based on Kaiser-Guttman criterion (Kaiser, 1960) as shown in table 3. Most of the items loaded above 0.50.

Significance of factor loadings depends on sample size and number of variables. With a small sample size relative to the number of variables, high factor loadings are required. For a sample size of N=200, Stevens (2009) recommended a minimum loading of about 0.36 (for N=250 a limit above 0.33 is needed). Our sample (N=226) has met this criterion.

Furthermore, even the lowest loading in table 3 explains at least 19% of the variance (most of the loadings share far more variance with the construct), clearly above the minimum threshold of 15% (Stevens, 2009). About 75% of the communalities after extraction lay in the 0.60 range or above and a further 20% in the 0.50 range. These values are of help in deciding whether Kaiser-Guttman criterion yields an acceptable number of factors. The Kaiser-Meyer-Olkin measure presented our sample as adequate for the analysis, KMO = 0.91 (acceptable limit 0.5, Field, 2013). Diagonal elements of the anti-image Matrix were all above 0.80. Most of the off-diagonal elements were very small. The Barlett-test was significant ( $p < 0.001$ ). 5% of the residuals were greater than 0.05. Cronbach's Alpha for the scale with 23 items was 0.91. 70.93% of the total variance was explained by the factors. The remaining potential 18 factors account together for 29% of the variance. Stevens (2009) suggests a minimum of 70%

of variance as a criterion for factor extraction, whereas e.g. Merenda (1997) proposes a minimum of 50%.

Detailed examination of the correlation matrix as described in Ferketich (1991) suggests correlation scores between .70 and .30 as desirable: the subscale self-determination (SDe) deviates from the rest of the items in providing sufficient inter-correlation scores within the subscale but not with the rest of the SMQ-II. Another outlier was item 23 with its average correlation below 0.3. The motivational components correlated significantly ( $p < 0.001$ ), although the SDe subscale failed to correlate with IM, CM or SE. Similar to Glynn et al. (2011), intrinsic motivation correlate highest and career motivation.

To conclude: our analyses yielded a five-factor solution of the SMQ-II. Nevertheless, the correlation matrix pointed to potential shortcomings of the instrument.

Table 3 Exploratory factor analysis with SMQ-II after rotation (item 22 and 25 excluded, see text), (N=226), df=253, table shows factor loadings  $>\pm 0.3$ ,  $\alpha=0.91$ , IM: intrinsic motivation, SDe: self-determination, CM: career motivation, GM: grade motivation, SE: self-efficacy

	Factor				
	F1: IM	F2: SDe	F3: CM	F4: GM	F5: SE
SMQ 4 Learning science makes my life more meaningful	0.71				
SMQ 2 I'm curious about discoveries in science	0.69				
SMQ 3 The science I learn is relevant to my life	0.68				
SMQ 1 Learning science is interesting	0.56				
SMQ 5 I enjoy learning science	0.55				-0.32
SMQ 14 I spend a lot of time learning science		0.88			
SMQ 12 I prepare well for science tests and labs		0.84			
SMQ 11 I study hard to learn science		0.77			
SMQ 13 I put enough effort into learning science		0.74			
SMQ 15 I use strategies to learn science well		0.44			
SMQ 7 Understanding science will benefit me in my career			0.95		
SMQ 8 Knowing science will give me a career advantage			0.90		
SMQ 6 Learning science will help me get a good job			0.89		
SMQ 9 I will use science problem-solving skills in my career			0.73		
SMQ 10 My career will involve science			0.69		
SMQ 24 Getting a good science grade is important to me				-0.88	
SMQ 21 Scoring high on science tests and labs matters to me				-0.57	-0.33
SMQ 23 I think about the grade I will get in science				-0.51	
SMQ 17 I am confident I will do well on science tests					-0.86
SMQ 16 I believe I can earn a grade of „A“ in science					-0.76
SMQ 18 I believe I can master science knowledge and skills					-0.75
SMQ 19 I am sure I can understand science					-0.69
SMQ 20 I am confident I will do well on science labs and projects					-0.48
$\alpha$	0.86	0.85	0.93	0.74	0.88

*Analysis of scale scores*

Our sample produced different mean values of the five subscales of the SMQ-II (figure 1). The mean score of the whole SMQ-II was  $M \pm SD = 3.07 \pm .75$  (broken line). With two tailed t-test significant differences between the subscales were found (Bonferroni correction not significant  $p > 0.005$ ) between IM-SDe  $md = 0.29$ , CI (95%) [.15; .43],  $t(225) = 4.18$ ,  $p < .001$ , IM-GM  $md = -0.44$ , CI (95%) [-.55; -.32],  $t(225) = -7.31$ ,  $p < .001$ , IM-SE  $md = -0.16$ , CI (95%) [-.25; -.06],  $t(225) = -3.30$ ,  $p = .001$ , SDe-SE  $md = -0.45$ , CI (95%) [-.60; -.30],  $t(225) = -5.83$ ,  $p < .001$ , SDe-GM  $md = -0.73$ , CI (95%) [-.85; -.60],  $t(225) = -11.51$ ,  $p < .001$ , CM-SE  $md = -0.29$ , CI (95%) [-.42; -.16],  $t(225) = -4.33$ ,  $p < .001$ , CM-GM  $md = -0.57$ , CI (95%) [-.70; -.43],  $t(225) = -8.25$ ,  $p < .001$  and GM-SE  $md = 0.28$ , CI (95%) [.15; .40],  $t(225) = 4.41$ ,  $p < .001$ .

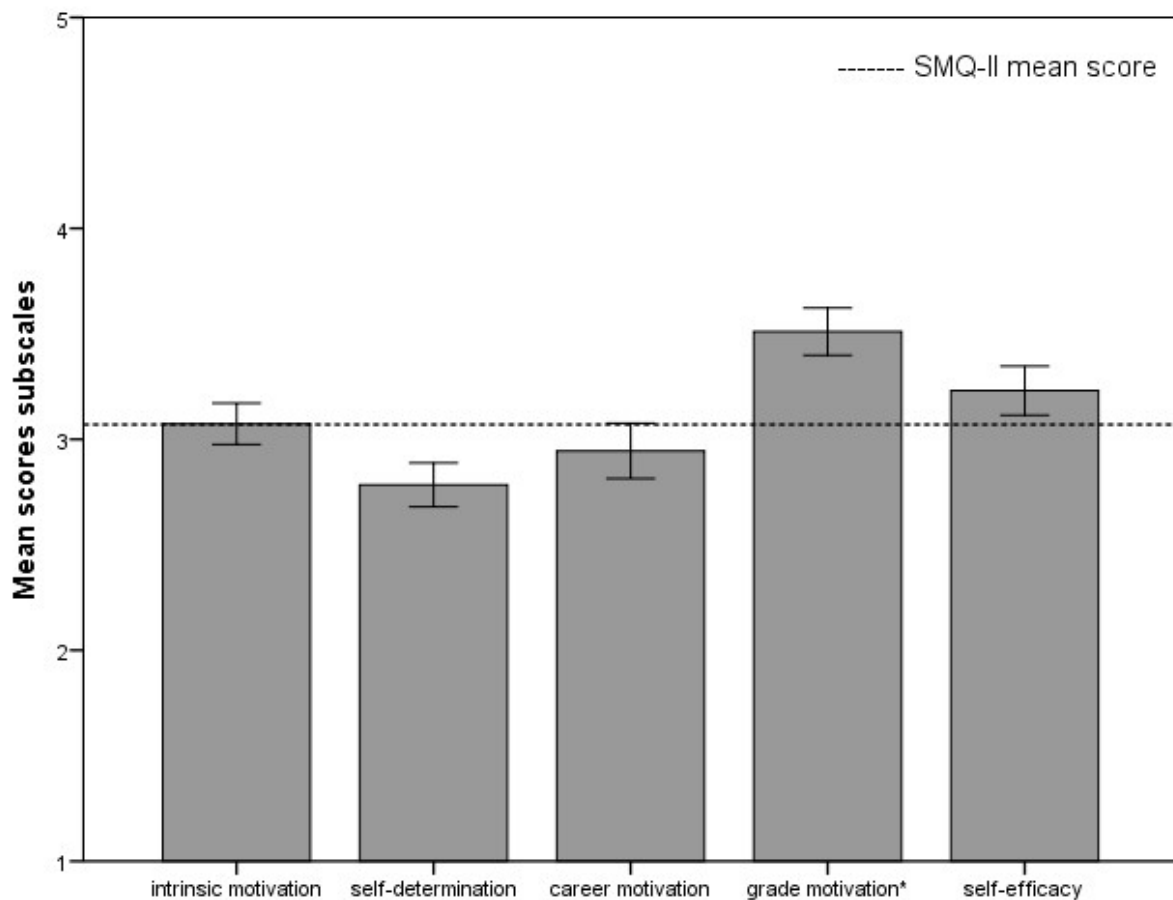


Figure 1 Comparison of the motivation components (N=226), error bars show 95% CI, . \* mean score of three Items (21, 23, 24) without items 22 and 25 (see text). Mean score for the whole SMQ-II  $M \pm SD = 3.07 \pm .75$ .

Students scored highest for grade motivation followed by self-efficacy and intrinsic motivation (figure 1). Mean scores of the subscales career motivation and self-determination lying under the overall means core of the SMQ-II. Note that two items (Nos. 22, 25, see above) from the original subscale grade motivation were dropped.

Gender differences were analyzed for the whole scale and each subscale. Neither intrinsic nor career nor the overall SMQ-II scale produced such a difference. Nevertheless, gender

differences exist in the subscale self-determination and self-efficacy (figure 2). The independent samples t-test indicated lower scores for males ( $M \pm SD = 2.61 \pm .81$ ) in self-determination compared to females ( $M \pm SD = 2.98 \pm .75$ ). The difference  $-.37$ , CI (95%)  $[-.57; -.17]$  was highly significant ( $t(231) = -3.61$ ,  $p < .001$ ) with an effect size of Cohen's  $d = .47$ . Similarly, a significant gender difference produced the subscale self-efficacy: Females ( $M \pm SD = 3.12 \pm .86$ ) versus males ( $M \pm SD = 3.37 \pm .91$ ) show the difference  $.25$ , CI (95%)  $[-.02; .48]$ ,  $t(231) = -2.18$ ,  $p = .031$ , Cohen's  $d = .28$ .

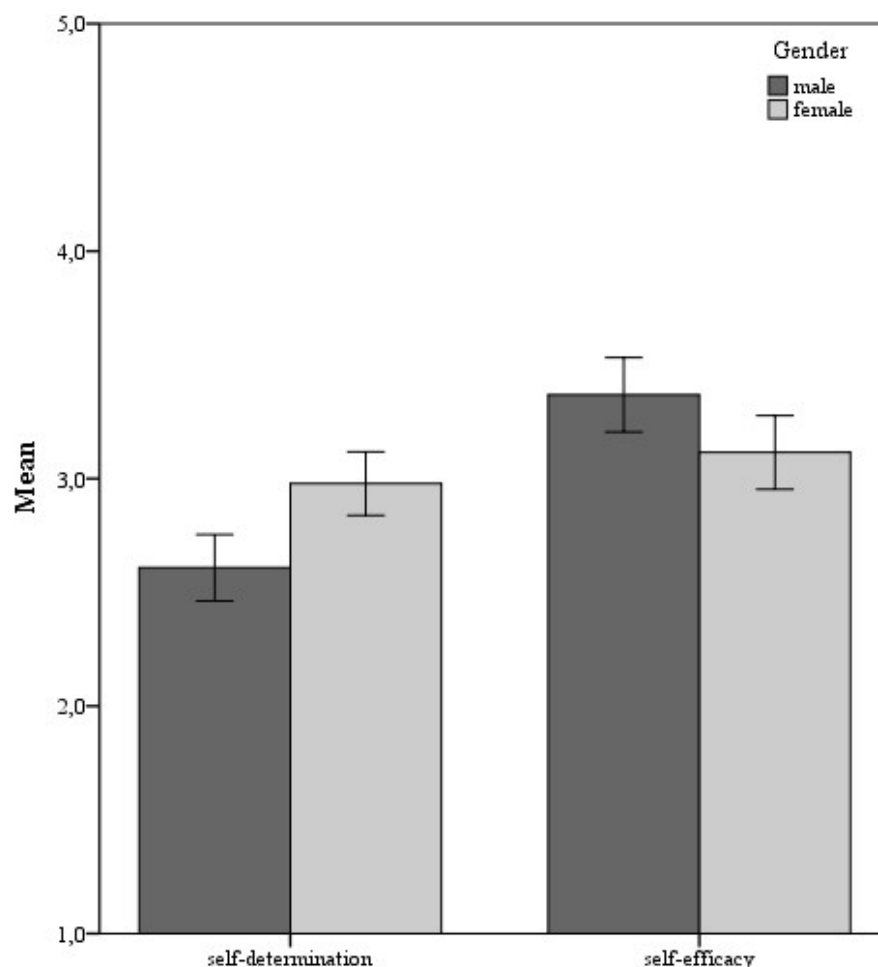


Figure 2 Gender differences in the two subscales of the SMQ-II: Girls ( $n = 110$ ) score higher in self-determination and boys ( $n = 116$ ) in self-efficacy. Error bars show 95% CI.

We correlated the five subscales of the validated SMQ-II scale with the Big Five personality traits obtained from the short questionnaire BFI-10 (Rammstedt & John, 2007). Small correlations were found between self-determination and conscientiousness ( $p = .001$ ) and neuroticism ( $p < .001$ , see table 4). No correlations for the Big Five personality traits and intrinsic motivation, career motivation, grade motivation or self-efficacy were observed; neither were significant correlations between extraversion, agreeableness and openness and the domains of science motivation evident (all  $p$ 's = n.s., see table 4).

Table 4 Two tailed Pearson correlation between the analyzed SMQ-II subscales and Big Five subscales.  $N = 204$ . After Bonferroni correction  $p > 0.002$  = n.s. (not significant),  $*p \leq 0.002$ . BCa bootstrap 95% CI in squared brackets

Personality trait	Motivational facet				
	Intrinsic motivation	Self-determination	Career motivation	Grade motivation	Self-efficacy
Extraversion	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Conscientiousness	n.s.	.237** [.094,.375]	n.s.	n.s.	n.s.
Neuroticism	n.s.	.269** [.123,.407]	n.s.	n.s.	n.s.
Openness	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Agreeableness	n.s.	n.s. ]	n.s.	n.s.	n.s.

## Discussion

### *Validation of the SMQ-II*

After exclusion of two items with insufficient model fit the scale apparently provides a valid and reliable tool to assess motivation in science. Nevertheless, some issues need discussion:

First, the Kaiser-Guttman criterion (eigenvalue of factor greater than one, Kaiser, 1960) suggested five factors. Stevens (2009) regards this criterion as accurate when the number of items does not exceed 30, when the sample size is bigger than 250 and communalities are greater or equal to .60. As the sample size of this present study is slightly smaller, other criteria suggest the application of the Kaiser criterion leading to a reasonably precise result.

Second, the subscale self-determination correlates neither with most of the scale's motivational components, nor with most of the items of the other scales. Furthermore, two items of the subscale grade motivation loaded differently than stated by Glynn et al. (2011). Glynn et al. (2011), Schmid & Bogner (2015) and Goldschmid & Bogner (2015) used Bartlett's test and KMO value to proof validity of the SMQ-II (or parts of it) without noting detailed information about the correlation matrixes. Therefore, we don't know if the divergent conduct of the subscales grade motivation and self-determination is sample dependent or is related to the instrument per se. Potential reasons for the misfit of the two subscales may be: (i) upper secondary school students may have a different understanding of the statements from college students, for whom the test was originally designed. (ii) Cultural differences may lead to differing perceptions of the items. (iii) The importance of showing good performances in science classroom (grade motivation) may be understood as the possibility to succeed in science, which refers to self-efficacy and in consequence the two items actually designed for assessing grade motivation loaded on the same factor as self-efficacy. Nevertheless, this does not explain why other grade motivation items cluster on one factor. (iv) The subscale self-determination is in contrast to the other more behaviour-oriented subscales (e.g. "I study hard..., I prepare well..."). The other subscales refer more to self-perceptions ("I enjoy learning science..., Learning science will help me get a good job") and may be therefore less related to effort behaviour.

Third, the validity of the SMQ-II is strongly supported by its relations with other variables reported in the literature. Glynn et al. (2011), Goldschmidt and Bogner (2015) or Obrentz (2012) reported correlations with achievement. Glynn et al. (2011) found higher science motivation of science majors than of non-science majors; and Zeyer & Wolf (2010) even reported a correlation between brain types and science motivation. The positive correlations between most of the motivational components are in line with social cognitive theory (e.g. Ryan & Deci, 2000). Glynn et al. (2011) also reported those correlations.

To summarize, the SMQ-II seems to provide useful information matching with findings in the literature and appears to fulfil the needed quality criteria. However, possible shortcomings of the subscales grade motivation and self-determination need examination.

#### *Differences between college and high school students in science motivation*

When comparing results with the, analysis of (Glynn et al., 2011), similarities in the ranking of the subscale are given. In our sample as well as in the sample of Glynn et al. (2011), the highest mean scores of students were found in the subscale grade motivation. Similar to our subjects, in Glynn et al. non-science majors showed a quite low career motivation, whereas science majors rated career motivation as more important. This relation might partly be due to our age-group, since 10th graders still have to complete two more school years before making career decisions. A career in science may not yet be a long time goal for most 10th grade students whose conceptions of future employment may still appear too vague. The subscale career motivation may be more relevant for college students or high school students who have almost completed their school life - or more irrelevant for those who are not aiming for a science career (see non-science majors in Glynn et al., 2011). To examine differences in career motivation between different school types, age groups or before and after an internship may also be of interest.

Differences between college students and our sample are also evident in the subscales of self-determination and self-efficacy: College students achieved high rates in self-determination compared to upper secondary school students. The opposite is true for the subscale self-efficacy: adolescents score high and college students low. Studies using the SMQ or the SMQ-II as a whole or in part support our findings: Glynn et al. (2011; about 360 science majors and 310 non-science majors, mentioned above) as well as Obrentz (2012; about 400 college students enrolled in an introductory general chemistry lab) describe higher perceived self-determination than self-efficacy of college students. In contrast Bryan et al. (2011; 288 high school students, between 14-16 years old), Zeyer et al. (2013; students of upper secondary school) or Schmid and Bogner (2015; about 210 students of secondary school) show that on average secondary school students reported lower self-determination than self-efficacy. One explanation for the different self-determination levels may be that college students had already chosen their field of study and organize their work autonomously. Neither parents nor lecturers force them to learn, do their homework, prepare for tests, or sometimes even to participate in class. Also, the fact that most of the college students have been science students or at least participated in a science course explains the agreement of the results in many studies: most of the test persons choose to study science related subjects. It is likely they feel self-determination in their science learning. Secondly, secondary school students are more dependent on authority persons like parents and teachers.

The imbalance between control of parents/teachers and the desire for autonomy especially during adolescence can lead to a feeling of heteronomy and to a lower perceived self-determination (e.g. Eccles, Midgley, Wigfield, Buchanan, Reuman, Flanagan & Mac Iver, 1993). The social aspects in school classes compared to college situations have to be taken into account: adolescents work in classes with up to 30 peers, a teacher normally knows all students' names, ensures regular participation, completion of homework or active involvement during lessons. School students are to a degree directed by the teacher or even their peer group and are not totally autonomous in their science learning. Most college students voluntarily join courses, while school students do so compulsorily. The recurring divergence of perceived self-determination between college and school students stresses the difference between the two educational approaches.

### *Differences between boys and girls in self-efficacy and self-determination*

Gender differences were observed only in self-determination (higher for females) and self-efficacy (higher for boys). The subscale self-efficacy measures the belief in individual success (e.g. "I believe I can master science knowledge and skills", Glynn et al. 2011, item 18). Boys are more confident about their science status than girls are. Social learning theory (Bandura, 1977) is relevant here: when we observe the success of role models similar to ourselves, the belief in our own capability to master a task is fostered. With respect to this assumption our findings make sense: male role-models still seem to be the "successful gender" in the field of science (e.g. Ceci & Williams, 2007). It's also worth mentioning that parents' verbal support and acknowledgement in children's academic success can strongly promote self-efficacy beliefs (Ferry, Fouad & Smith, 2000). Parents often underestimate their daughters' academic competence and consider science as a male domain (Meece & Courtney, 1992).

In accordance with our results, Wiggfield, Eccles and Pintrich (1996) found that primary school pupils report equal confidence in their abilities regarding mathematics, while in middle school girls reported a lower self-efficacy than boys. Obrentz (2012) and Glynn et al. (2009) reported female participants also as lower scoring in self-efficacy; Zeyer et al. (2013) found that female students of different nationalities of upper secondary school lower score lower in self-efficacy. In contrast, Britner & Pajares (2001) described middle school girls as feeling higher in self-efficiency. This, in spite of all the gender related findings, implies that further factors may influence self-efficacy. For example, Pajares (1996) described smaller gender differences in self-efficacy for students of similar competence levels. Exposure to course contents, response biases, measurement practices and gender orientation beliefs may also contribute some influence (Pajares, 2002).

Similar to Glynn et al. (2009 and 2011) self-determination was perceived higher by girls than by boys in our study. We can assume that females experience their learning as more self-controlled than boys. The higher self-determination of the girls compensates for their lower self-efficacy and leads to the equality of female and male in overall science motivation. This outcome may result from girls being more diligent and engaged in educational contexts, which manifests itself in behaviours like taking notes, sitting in front of class or doing assignments (Zusman, Knox & Liebermann, 2005).

The fact that girls' overall science motivation score does not differ from boys' implies that the lack of a feeling of self-efficacy of girls may cause the gender specific effects, like



e.g. low interest of women in science, described by Rocard et al. (2007). The support of this motivation by e.g. providing sufficient feedback, encouraging students in setting their own standards or the use of tailored educational programs that promote mastery experiences (Pajares, 2002) may increase girls' interest in science.

#### *Extrinsic Motivation vs. intrinsic motivation*

Our sample scored high in grade motivation in line with Glynn et al. (2011) or Campos-Sánchez, López-Núñez, Carriel, Martín-Piedra, Sola and Alaminos (2014). Similarly, Vedder-Weiss and Fortus (2012) described students as more motivated by external goals related to outcomes of learning than by internal goals. At the same time, intrinsic motivation scored lower than grade motivation in our study as well as in Glynn et al. (2011). This relationship points to a negative interaction of extrinsic rewards (like grades) with intrinsic motivation (meta-analysis, e.g. Deci et al., 1999). The reproducibility of this may show the importance of grades and external feedback together with lower intrinsic motivation to be an inherent part of our education system. Interest and curiosity in science need fostering, instead of emphasizing success in science on external feedback. On the other hand, one indication for educators, based on these findings, is that even if a task has low potential to be intrinsically motivating, to stress the importance of an external goal can also support motivation (Ryan & Deci, 2000).

#### *Personality as predictor for science motivation components?*

We observed only very small correlations between self-determination and consciousness and neuroticism. O'Connor and Paunonen (2007) show in their review that personality traits, especially those of the Big Five factors, are strongly connected to scholastic success. The same is said for relations between grades and scores in the Science Motivation Questionnaire (Glynn & Koballa, 2006; Glynn et al., 2009, 2011; Obrentz, 2012). Furnham & Chamorro-Premuzic (2004) described personality traits as revealing what a person will do. In the same way, Saucier & Goldberg (1996) put their emphasis on phenotypical aspects of the Big Five traits. We expected personality traits to be connected especially with action-oriented items of the SMQ-II. We consider the self-determination scale as the most action related subscale of the SMQ-II ("I prepare well..., I study hard..., I use strategies..."). That may be a reason why we found most of our marginal correlations within this subscale.

When considering the few and very small correlations between the SMQ-II and the BFI-10, we have to keep in mind that most of the studies described in the literature only reported correlations of personality traits with academic achievement (e.g. Furnham & Chamorro-Premuzic, 2004 or O'Connor & Paunonen, 2007). Studies that directly examine the relation between motivation and personality (e.g. Komarraju, Karau & Schmeck, 2009) also report small correlation scores. One logical conclusion is that interrelations between motivation and personality are small. Still, two other aspects have to be considered: (i) that we found a correlation of the Big Five traits only with the self-determination subscale suggests a deviant conduct of this subscale (ii) nevertheless, the validity of the Big Five questionnaire BFI-10 (Rammstedt & John, 2007) has been proven, application of a more detailed personality questionnaire e.g. the full BFI-44 (Benet-Martinez & John, 1998; John et al., 1991; John & Srivastava, 1999) in the same context may be fruitful.

## Conclusion

(i) The SMQ-II seems to provide useful and consistent information matching findings in the literature. Possible shortcomings of the subscales grade motivation and self-determination should be kept in mind. (ii) Secondary school students showed low self-determination scores. In contrast, college students are often portrayed as quite self-determined. Therefore, the perceived self-determination of secondary-school students needs attention. (iii) Our study stresses extrinsic motivation of secondary school students and college students as the motivational feature contributing most to overall science motivation. This indicates intrinsic aspects of motivation should be fostered by showing the inherent value of learning content. (iv) The higher perceived self-determination of girls compensates for their lower self-efficacy beliefs and leads to the equality of females and males in overall science motivation score. That suggests that the lower interest of girls in science is not due to a lack of science motivation per se. Supporting the perceived feeling of self-efficacy may help increase girls' interest in science. (v) No substantial correlations between science motivation and personality traits were observed. That may indicate that personality and motivation both influence academic achievement but are rather independent variables. To investigate this further research is needed.

*This study was supported by the Inspiring Science Education (ISE) project funded by the European Union's ICT Policy Support Programme as part of the Competitiveness and Innovation Framework Programme. The manuscript has greatly benefited from comments by M. Wiseman.*

## References

- Bandura, A. (1977). Social learning theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive Theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bandura, A.; Barbaranelli, C.; Caprara, G. V.; Pastorelli, Concetta (2001). Self-Efficacy Beliefs as Shapers of Children's Aspirations and Career Trajectories. *Child Development* 72(1), 187–206.
- Benet-Martínez, V.; John, O. P. (1998). Los Cinco Grandes across cultures and ethnic groups: Multitrait-multimethod analyses of the Big Five in Spanish and English. *Journal of Personality and Social Psychology* 75 (3), 729–750.
- Black, A. E.; Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science Education* 84 (6), S. 740–756.
- Britner, S. L.; Pajares, F. (2001). Self-efficacy beliefs, motivation, race, and gender in middle school science. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering* 7 (4), 15.
- Bryan, R. R.; Glynn, S. M.; Kittleson, J. M. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education* 95 (6), 1049–1065.
- Campos-Sánchez, A.; López-Núñez, J.; Carriel, V.; Martín-Piedra, M.; Sola, T.; Alaminos, M. (2014). Motivational component profiles in university students learning histology: a comparative study between genders and different health science curricula. *BMC Medical Education* 14 (1), 46.
- Ceci, S. J.; Williams, W. M. (2007). Why aren't more women in science? Washington, DC: American Psychological Association.
- Chamorro-Premuzic, T.; Furnham, A. (2003). Personality traits and academic examination performance. *European Journal of Personality* 17 (3), 237–250.
- Costa, P. T.; McCrae, R. R. (1992). NEO PI-R: Revised NEO Personality Inventory and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI). Florida: Psychological Assessment Resources.
- Deci, E. L.; Koestner, R.; Ryan, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin* 125 (6), 627–668.
- Deci, E. L.; Ryan, R. M. (1985). Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York: Plenum
- Eccles, J. S.; Midgley, C.; Wigfield, A.; Buchanan, C. M.; Reuman, D.; Flanagan, C.; Mac Iver, D. (1993). Development during adolescence: The impact of stage-environment fit on young adolescents' experiences in schools and in families. *American Psychologist* 48 (2), 90–101.
- Ferketich, S. (1991): Focus on psychometrics. Aspects of item analysis. *Research in nursing & health* 14 (2), p. 165–168.
- Ferry, T. R.; Fouad, N. A.; Smith, P. L. (2000). The Role of Family Context in a Social Cognitive Model for Career-Related Choice Behavior: A Math and Science Perspective. *Journal of Vocational Behavior* 57 (3), 348–364.
- Field, A. P. (2013): Discovering statistics using IBM SPSS statistics. London: Sage.
- Furnham, A.; Chamorro-Premuzic, T. (2004). Personality and intelligence as predictors of statistics examination grades. *Personality and Individual Differences* 37 (5), 943–955.
- Glynn, S. M.; Koballa, T. R., Jr. (2006). Motivation to learn in college science. Joel J. Mintzes und William H. Leonard (Hg.): Handbook of college science teaching. Arlington, Va: NSTA Press, 25–32.

Glynn, S. M.; Brickman, P.; Armstrong, N.; Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*. 48 (10), 1159–1176.

Glynn, S. M.; Taasoobshirazi, G.; Brickman, P. (2009). Science Motivation Questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*. 46 (2), 127–146.

Goldberg, L. R. (1990). An alternative "description of personality": The Big-Five factor structure. *Journal of Personality and Social Psychology* 59 (6), 1216–1229.

Goldschmidt, M.; Bogner, F. X. (2015): Learning About Genetic Engineering in an Outreach Laboratory: Influence of Motivation and Gender on Students' Cognitive Achievement. *International Journal of Science Education, Part B*, p. 1–22

John, O. P.; Donahue, E. M.; Kentle, R. L. (1991). The big five inventory—versions 4a and 54. Berkeley: University of California, Berkeley, Institute of Personality and Social Research.

John, O. P.; Srivastava, S. (1999). The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. *Handbook of personality: Theory and research* 2, 102–138.

Kaiser, H. F. (1960). The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. *Educational and Psychological Measurement* 20 (1), 141–151.

Kaiser, H. F. (1970). A second generation little jiffy. *Psychometrika* 35 (4), 401–415.

Kline, P. (1999). *The handbook of psychological testing*. London, New York: Routledge.

Komarraju, M.; Karau, S. J.; Schmeck, R. R. (2009). Role of the Big Five personality traits in predicting college students' academic motivation and achievement. *Learning and Individual Differences* 19 (1), 47–52.

Lovelace, M.; Brickman, P. (2013). Best Practices for Measuring Students' Attitudes toward Learning Science. *Cell Biology Education* 12 (4), 606–617.

McCrae, R. R.; Costa, P. T. (1985). Updating Norman's "adequacy taxonomy": Intelligence and personality dimensions in natural language and in questionnaires. *Journal of Personality and Social Psychology* 49 (3), 710–721.

McCrae, R. R.; Costa, P. T. (1987). Validation of the five-factor model of personality across instruments and observers. *Journal of Personality and Social Psychology* 52 (1), 81–90.

McCrae, R. R.; Costa, P. T., Jr. (1997). Personality trait structure as a human universal. *American Psychologist* 52 (5), 509–516.

Meece, J. L.; Courtney, D. P. (1992). Gender differences in students' perceptions: Consequences for achievement-related choices. *Student perceptions in the classroom*, 209–228.

Merenda, P. F. (1997). Methods, plainly speaking: A guide to the proper use of factor analysis in the conduct and reporting of research: Pitfalls to avoid. *Measurement and Evaluation in counseling and Development*, 30(3), 156-164.

O'Connor, M. C.; Paunonen, S. V. (2007). Big Five personality predictors of post-secondary academic performance. *Personality and Individual Differences* 43 (5), 971–990.

Obrentz, S. B. (2012). Predictors of Science success: The impact of motivation and learning strategies on college chemistry performance. *Educational Psychology and Special Education Dissertations*. Paper 77.

Osborne, J.; Simon, S.; Collins, S.(2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25 (9), 1049–1079.

Pajares, F. (1996). Self-Efficacy Beliefs and Mathematical Problem-Solving of Gifted Students. *Contemporary Educational Psychology* 21 (4), 325–344.

Pajares, F. (2002). Gender and Perceived Self-Efficacy in Self-Regulated Learning. *Theory Into Practice* 41 (2), 116–125.

Rammstedt, B.; John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five Inventory in English and German. *Journal of Research in Personality* 41 (1), 203–212.

Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walberg-Henriksson, H.; Hemmo, V. (2007). *Science education now. A renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Rothstein, M. G.; Paunonen, S. V.; Rush, J. C.; King, G.A. (1994): Personality and cognitive ability predictors of performance in graduate business school. *Journal of Educational Psychology* 86 (4), 516–530.

Ryan, R. M.; Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25 (1), 54–67.

Saucier, G., & Goldberg, L. R (1996). The language of personality: Lexical perspectives on the five-factor model. Jerry S. Wiggins (Hg.): *The five-factor model of personality. Theoretical perspectives*. New York: Guilford Press, 21–50.

Schmid, S.; Bogner, F.X. (2015). Submitted.

Schunk, D.H.; Pintrich, P. R.; Meece, J. L. (2008). *Motivation in education. Theory, research, and applications*. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Merrill Prentice Hall.

Singh, K.; Granville, M.; Dika, S. (2002). Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. *The Journal of Educational Research* 95 (6), 323–332.

Soto, C. J.; John, O. P.; Gosling, S. D.; Potter, J. (2008). The developmental psychometrics of big five self-reports: Acquiescence, factor structure, coherence, and differentiation from ages 10 to 20. *Journal of Personality and Social Psychology* 94 (4), 718–737.

Stevens, J. P. (2009). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. Routledge.

Tupes, E. C.; Christal, R. E. (1961). *Recurrent Personality Factors Based on Trait Ratings*. USAF ASD. Lackland Air Force Base, Texas (61-97).

Vallerand, R. J.; Pelletier, L. G.; Blais, M. R.; Briere, N. M.; Senecal, C.; Vallieres, E. F. (1992). The Academic Motivation Scale: A Measure of Intrinsic, Extrinsic, and Amotivation in Education. *Educational and Psychological Measurement* 52 (4), 1003–1017.

Vedder-Weiss, D.; Fortus, D. (2012). Adolescents' declining motivation to learn science: A follow-up study *Journal of Research in Science Teaching*. 49 (9), 1057–1095.

Wigfield, A.; Eccles, J.S.; Pintrich, P.R. (1996). Development between the ages of eleven and twenty-five. Berliner, D.C., Calfee, R.C. (Hg.): *The handbook of educational psychology*. New York: Macmillan, 148–187.

Wiggins, J. S. (Hg.) (1996): *The five-factor model of personality. Theoretical perspectives*. New York: Guilford Press.

Zeyer, A.; Çetin-Dindar, A.; Md Zain, A. N.; Juriševič, M.; Devetak, I.; Odermatt, F. (2013). Systemizing: A cross-cultural constant for motivation to learn science. *Journal of Research in Science Teaching* 50 (9), 1047–1067.

Zeyer, A.; Wolf, S. (2010). Is There a Relationship between Brain Type, Sex and Motivation to Learn Science? *International Journal of Science Education* 32 (16), 2217–2233.

Zusman, M.; Knox, D.; Lieberman, M. (2005). Gender Differences in Reactions to College Course Requirements or "Why Females Are Better Students". *College Student Journal* 39 (4),

#### **4. Teilarbeit B:**

Schumm, M. F. & Bogner, F.X. (2016)

The Impact of Science Motivation on Cognitive Achievement within a 3-Lesson  
Unit about Renewable Energies

Studies in Educational Evaluation  
doi:10.1016/j.stueduc.2016.06.002  
(published)

## **The Impact of Science Motivation on Cognitive Achievement within a 3-Lesson Unit about Renewable Energies**

Maximiliane F. Schumm\*, Franz X. Bogner

*Centre of Math & Science Education (Z-MNU), University of Bayreuth, University Campus, NW-1, 95447 Bayreuth, Germany, 0049 921 552590*

### **Abstract**

Our study analyzed the influence of motivation towards science in relation individual cognitive achievement scores. 232 10th graders of college preparatory school level ('Gymnasium') completed a cognitive achievement test three times and a questionnaire quantifying motivation towards science once. A three-lesson module dealt with aspects of the topic renewable energies. The knowledge test was applied one week before (T-0), directly after (T-1) and six weeks after (T-2) participation in the learning module. The questionnaire on science motivation was completed at T-0 in order to receive unaffected data. A test-retest group (acting as control group) of 37 students completed the questionnaires with no intervention. Three motivational groups were selected: highly motivated, intermediate and less motivated. The intervention group showed substantial knowledge gain in short- and in long-term perspectives, almost independently of motivational levels. A positive linear relation between motivation and content knowledge was observable for each test schedule. In particular, intrinsic factors are shown to be responsible for this relationship.

We recommend implementing appropriately designed educational settings to promote intrinsic aspects in order to foster performance almost independently of pre-existing knowledge and science motivation. We presume pre-existing knowledge as well as learning to be influenced by motivation towards science. Also, pre-existing knowledge may influence individual motivation towards science. Consequently, beyond scientific contents, a focus on motivation of adolescents in science may lead to a synergetic effect for life-long learning.

**Key words:** science motivation questionnaire; evaluation; intervention; motivational level; cognitive achievement; effectiveness; learning environment

## Introduction

In a world where science and technology are as present as today, we should know and understand science to live our lives appropriately. The level of scientific understanding existing in adult population can be summarized in the broad definition: scientific literacy (DeBoer, 2000). Laugksch (1999) described reasons for the importance of scientific literacy for the common and the individual good: for example, the benefits of a scientifically literate society may positively influence economic levels or sound decision-making. Also each individual can experience advantages of being scientifically literate by knowing about health maintenance (e.g. diet, addictions or screening programs), by finding better chances of employment and by feeling more competent and confident when dealing with science or technological-related issues in everyday life. It is not surprising that national education standards emphasize the important role of scientific literacy within the scope of science education, for instance in Germany (KMK, 2005). DeBoer (2000) described teaching science as important in raising interest effecting life-long learning: What students learn in school will influence their attitude towards science, but what makes them scientifically literate needs to grow and develop over time. A decline of interest, attitudes and motivation towards science during school careers may inevitably affect public scientific literacy (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson & Hemmo, 2007). To investigate scientific literacy, many potential dimensions need consideration in an educational context, like the nature of science, science content knowledge or attitudes towards the nature of science (Laugksch, 1999). As mentioned above, science knowledge can influence attitudes towards science but there is also evidence for a move in the opposite direction (Osborne, Simon & Collins, 2003). Consequently, science knowledge may depend on certain aspects of attitudes towards science. Since attitude towards science is a construct consisting of many sub-constructs (Gardner, 1975), it is not holistically measurable, and hence we restricted our approach to *motivation towards science*.

### *Measuring Science Motivation*

In a very general way, motivation is regarded as something that arouses, directs and sustains our actions: although motivation is not directly observable, it can be derived from observed activities or verbalizations. It is goal-oriented, requires mental or physical activity and is responsible for the maintenance of these activities (Schunk, Pintrich & Meece, 2008). In a scholastic context, motivation influences methods of learning by leading to effort, persistence and commitment, e.g. doing homework conscientiously, paying attention during lessons, taking notes or asking questions (Zimmerman, 2000).

Motivation is a construct influenced by and consisting of many factors as steadily perceptible in daily life, e.g., do I complete something because I really like it or because somebody wants me to do it and I assume to get a positive feedback when I show the expected behavior (Ryan & Deci, 2000). Vedder-Weiss and Fortus (2012) extracted from empirical interview data four main domains of goal-setting motives in science: external and process-oriented (e.g. attendance or endeavor), internal and process oriented (e.g. fun, curiosity, personal relevance), external outcome oriented (short-term achievements like grades and long-term achievements like a career); and internal outcome oriented (e.g.



knowing, understanding, and remembering). Vedder-Weiss and Fortus (2012) added the sense of autonomy as a motive.

The Science Motivation Questionnaire II (SMQ-II, Glynn, Brickman, Armstrong & Taasobshirazi, 2011), based on the social-cognitive theory of human learning (Bandura, 1986), combines internal and external aspects of science motivation as an implied multi-component construct covering five sub-categories: Two external factors cover both extremes of a continuum; the drive to do something because of expected external compensation (e.g. a good school grade) or because the outcomes are judged valuable (e.g. career options) (Ryan & Deci, 2000). Three internal factors include the fields of enjoyment and interest (subscale called *intrinsic motivation*) as well as perceived self-efficacy and self-determination, meaning the perceived competence in performing a task and the autonomy felt during its performance (Ryan & Deci, 2000). The subscales *intrinsic motivation* and *self-efficacy* in our opinion focus on internal categories whereby the subscale *self-determination* focuses on achievement behavior as an external process.

### *Science Achievement and Science Motivation*

Whereas extrinsic factors such as grades play a prominent role in the science motivation of adolescents (Schumm & Bogner, 2016; Vedder-Weiss & Fortus, 2012), intrinsic aspects like individual feeling of autonomy (Black & Deci, 2000) or perceived self-efficacy (Pajares, 2002) are assumed to act as dominant influential factors on academic achievement. Bandura (1993) concluded that perceived self-efficacy even directly influences memory performance and indirectly cognitive effort. Simultaneously, interest (situational as well as personal) is regarded as related to positive cognitive performances such as memory capacity, understanding and achievement (Schunk et. al, 2008). The Science Motivation Questionnaire includes *intrinsic motivation* by covering aspects of personal interest, as a preference for a certain topic, general liking, personal enjoyment, importance and personal significance (Schiefele, Krapp & Winteler, 1992).

These findings imply different aspects of motivation as linked to academic performance. Empirical studies support those results also for the field of science in scholastic or university settings (e.g., Britner & Pajares, 2006; Singh, Granville & Dika, 2002; Velayutham, Aldridge & Fraser, 2011). Most studies examining different aspects of motivation and achievement used course grades or grade means as measures of achievement. In fact, grades, and especially final grades or grade means, are composed of many aspects that, for instance, reflect learning, positioning in class, class attendance, carefulness (for instance in doing homework, in-class work, reports and exams) or commitment for doing extra work/ extra presentation or participation in laboratory approaches (Britner & Pajares, 2006, Obrentz, 2012, Pajares, 1996). Motivation surely provokes certain behaviors like attendance and appropriate behavior in class, question-asking and help-seeking or commitment that positively influences academic performance (Schunk et. al, 2008) as reflected by good grades. Despite numerous studies dealing with motivation and achievement, uncertainties remain about how achievement is influenced by science motivation of students.

In order to allocate relationships of invisible internal processes such as cognitive learning to science motivation, our study objectives were: (i) Can a three-lesson module yield persistent knowledge? (ii) If yes, can we observe a relation between science motivation and science

content knowledge? (iii) Do highly motivated students learn better than rather unmotivated ones? (iv) Are certain motivational facets especially connected with science content knowledge?

### Methods

#### *Participants*

232 10<sup>th</sup> graders ( $M \pm SD$ :  $16.02 \pm 0.56$ ; 50.41 % female) of the college preparatory secondary school level ('Gymnasium') participated in our quasi-experimental study. 'Gymnasium' is a school of advanced secondary education. It emphasizes academic learning to prepare students for higher education at a university and it leads to the higher education entrance qualification. Pupils who perform well are permitted to move to a 'Gymnasium' after finishing primary education, aged between 10 and 11. Depending on the performance, students stay at the 'Gymnasium' until grade 12 or 13, aged between 17-19.

Teachers registered their classes for participation in our learning program about renewable energies and students agreed to participation by informed consent. A test-retest group of 37 upper secondary school students ( $M \pm SD$ :  $15.99 \pm 0.99$ ; 67.57 % female) only completed questionnaires, without taking part in the intervention (thus acting as a control group).

#### *Learning program about renewable energies*

Our three-lesson module (135 minutes) employed 8 hands-on workstations covering contents from the formation and use of fossil fuels to the impact of burning hydrocarbons to alternative energy supply like energy from sun, wind, water and biomass. An optional station was provided for fast-working students. Additionally, an interactive computer-based work station about energy system transformation was included (for an overview see attachment). The specific topics followed the current curriculum including sustainable development, carbon cycle and greenhouse effect or issues of energy supply and alternative energies. The learning module had been pilot-tested and examined by educational experts, instructors and students. We designed a short-term program as it reflects in our opinion a realistic everyday teaching unit.

Students worked in pairs (assembled by free choice), guided by a workbook. After a short introduction about the structure of the learning program, students chose autonomously the subsequent order of the learning stations. Each work station was available twice to ensure an efficient workflow. To assure beyond self-directed (Hannafin, Land & Oliver, 1999) also self-controlled learning, sample solutions of the students' tasks were accessible at the teachers' desk if requested.

#### *Test design*

An ad-hoc knowledge questionnaire and the Science Motivation questionnaire II (SMQ-II, see below) were applied. A multiple-choice test consisting of 21 items covering the lesson contents was designed to measure specific content knowledge (for example questions, see supplement). A pool of 57 questions referring to content specific knowledge and action related knowledge was generated. Free text answers of students were used to construct

distractors. After distractors have been added, a panel of four science education experts selected the best questions in terms of clarity, relevance of the content and distractor plausibility. After pilot testing the remaining 33 questions, item difficulty was controlled by adapting or excluding questions answered correctly by more than 80% of the students (too easy) or by less than 20% of them (too difficult) (Kline, 1993). Also distractor quality of the items were optimized for final application

The knowledge test was administered one week before (T-0), directly after (T-1) and six weeks after (T-2) students' participation in the learning module (see figure 1). To minimize test effects, the order of distractors and items was varied in the questionnaire for each test administration. To prevent preparation for the tests, students were not aware of the testing schedule. Data of the test-retest group was applied to monitor potential learning effects resulting from completing the questionnaire.

The SMQ-II (Glynn et al., 2011) is an enhanced version of the SMQ (Glynn, Taasobshirazi & Brickman, 2009) with 25 items. It was applied (see figure 1) to measure: *Intrinsic motivation* (e.g. "I enjoy learning science"), *career motivation* (e.g. "Learning science will help me get a good job"), *self-determination* (e.g. "I spend a lot of time learning science"), *self-efficacy* (e.g. "I am confident I will do well on science tests" and *grade motivation* (e.g. "Getting a good science grade is important to me"). A five-point Likert scale from never (1), rarely (2), sometimes (3) often (4) to always (5) was used. We adapted the SMQ-II to the German school system (e.g. "A", the best grade in US equals "1" in the German grade system). Due to the importance of the word *science*, it was separately defined under the headline of the questionnaire (Stake & Mares, 2001). Subsequently, two items of the subscale grade motivation were excluded based on an analysis conducted by Schumm and Bogner (2016). We applied the questionnaire only once because we assumed no changes after a three lesson intervention because the scale was constructed inter alia to analyze motivation over a longer period (e.g. during a college science course; Glynn et. al., 2011).

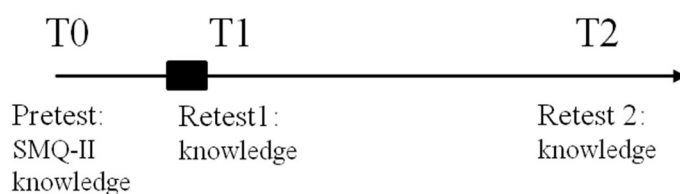


Figure 1 Schedule of questionnaires. Black area= participation in learning program. T0= one week prior; T1= directly after; T2= six weeks after

### Statistical analysis

For our statistical analysis, we used SPSS (Version 22.0). 194 complete data sets (T-0, T-1, T-2 and SMQII;  $M \pm SD$ :  $15.97 \pm 0.56$ ; 51 % female) were obtained. Following the central limit theorem, we assumed normal distribution of the data (Wilcox, 2005). For analysis of the knowledge questionnaire responses were recoded to (1) for correct and to (0) for incorrect ones. Individual test scores for each test time were computed as the number of correct answers. High knowledge test scores indicate good comprehension. A reliability analysis of the knowledge questionnaire yielded for T-0 a Cronbach's alpha of 0.55, for T-1 Cronbach's alpha of 0.73 and for T-2 Cronbach's alpha of 0.75, which means an acceptable level of reliability for ability and similar tests (Field, 2013; Lienert & Raatz, 1998). Retest data showed students achieved higher scores in the retest of the knowledge questionnaire than the

test-retest-group (see below). As participants performed better after the intervention, in contrast to non-participants, the questionnaire appears to measure what it is intended to measure. The SMQ-II yielded a Cronach's alpha of 0.91 For further quality criteria of the SMQ-II applied with adolescents see Schumm and Bogner (2016).

An initial repeated measure ANOVA with post-hoc test was used to analyze knowledge differences between T-0, T-1 and T-2. Please note that for better readability, we use the term *persistent knowledge gain* although we do not know about its constancy after our scheduled testing period.

Second, to determine the relations between science motivation and content knowledge, we separated three motivational groups (see figure 2) on the basis of the individual mean scores of the SMQ-II (Glynn et al., 2011). We analyzed beyond the upper and lower quartile extreme group also the interquartile range. We assumed the upper quartile group to be highly motivated, the interquartile group to be motivated and the lower quartile group to be less motivated.

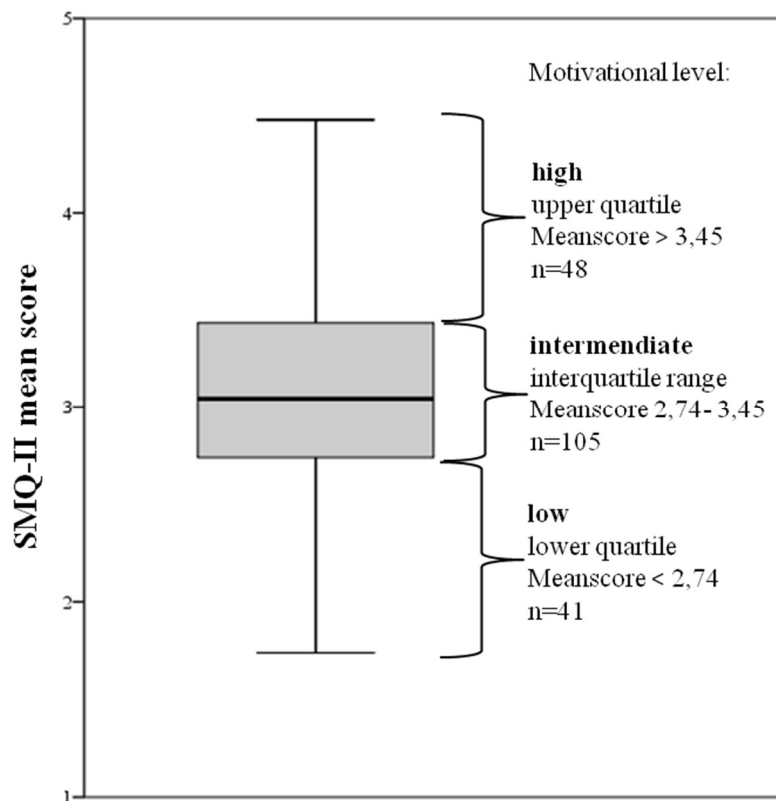


Figure 2 Classification of motivational groups. The high motivation subsample is the upper quartile 75%-100% (n=48; age  $M \pm SD$ :  $15.92 \pm 0.71$ ; 43.75 % female); the low motivation subsample is the lower quartile 0%-25% (n=41; age  $M \pm SD$ :  $16.02 \pm 0.57$ ; 63.41 % female); the intermediate motivation subsample is the interquartile range, 25%-75% (n=105; age  $M \pm SD$ :  $15.97 \pm 0.45$ ; 49.52 % female).

Individual knowledge sum scores of the three motivational groups were then analyzed. Besides an inter-group comparison using ANOVA, Hochberg's GT2 post-hoc test was applied for T-0 and T-2 (because the sample sizes of the groups differed; see also figure 2) and Games-Howell for T-1 (because Levene's test was significant for T-1).

To examine differences between pre- and retest schedules, we used repeated measure ANOVA with post-hoc test. To take possible test effects into account, knowledge differences

in the test-retest group were analyzed. Finally, to analyze relations between the five subscales of the SMQ-II and knowledge in T-0, T-1 and T-2, a two-tailed Pearson correlation with Bonferroni's correction was applied.

## Results

The repeated measure ANOVA showed a significant difference in the knowledge test scores between the three test schedules  $F(2, 386)=219.88, p<.001, r=0.60$ . Pairwise comparison revealed an increase of short term knowledge from pretest to retest-1 ( $MD=4.49, p<.001$ ) as well as from pretest to retest-2 ( $MD=2.63, p<.001$ ). However, between retest-1 and retest-2 knowledge score decreases significantly ( $MD=-1.86, p<.001$ ). The same pattern appeared for each subsample. Furthermore, differences between the subsamples for each test schedule are evident (Figure 3).

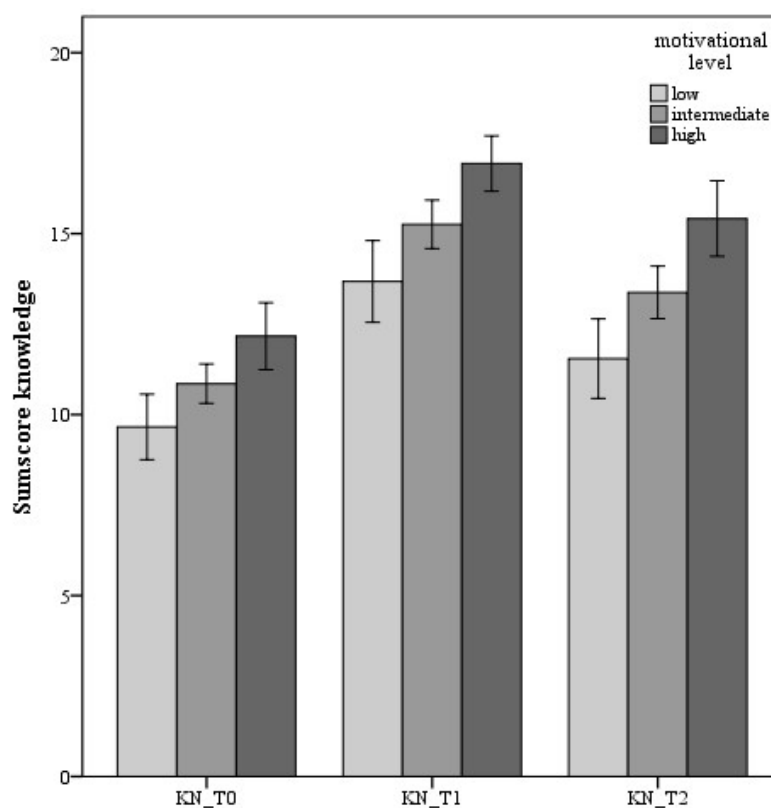


Figure 3 Sum score of knowledge tests of the three test schedules (T-0: pretest, T-1: retest1, T-2: retest 2), classified after motivational level of the students. Error bars show 95% CI.

Thus, students with a SMQ-II mean score in the lower quartile on average answered fewer questions correctly than students in the upper quartile. Students with a SMQ-II in the interquartile range scored in the knowledge test between the extreme groups. T-0, T-1 and T-2 produced similar patterns.

Application of ANOVA revealed a significant linear trend in the motivational groups for each test schedule (T0:  $F(1,191) = 16.99, p < .001, r = 0.29$ , T1:  $F(2,94.32) = 11.19, p < .001, r = 0.33$ , T2:  $F(2,191) = 25.01, p < .001, r = 0.34$ ). Post-hoc tests (Table 1) showed all differences

between the motivational extreme groups (higher and lower quartile) as significant. The test scores of highly and medium motivated student are always significantly different. Only the results of rather unmotivated and medium motivated students did not diverge in T-1, in T-0 and T-2 they did.

Table 1 Results of the post hoc test of the ANOVA: Hochberg's GT2 post hoc test for T-0 and T-2 and Games-Howell for T-1

Differences between motivational levels:	Knowledge		
	T-0	T-1	T-2
Low-intermediate	MD = <b>-1.38</b> , $p = .039$	MD = -1.49, $p = .061$	MD = <b>-2.02</b> , $p = .009$
intermediate-high	MD = <b>-1.22</b> , $p = .053$	MD = <b>-1.57</b> , $p = .008$	MD = <b>-1.86</b> , $p = .011$
<i>Low-high</i>	MD = <b>-2.58</b> , $p < .001$	MD = <b>-3.06</b> , $p < .001$	MD = <b>-3.88</b> , $p < .001$

With a repeated measures ANOVA, significant differences between each motivational group appeared (less motivated:  $F(2,80) = 48.90, p < .001, r = 0.62$ , motivated:  $F(2,208) = 112.10, p < .001, r = 0.59$ , highly motivated:  $F(2,94) = 61.68, p < .001, r = 0.63$ ). In the pair-wise comparison, a significant short-term, persistent knowledge gain and a decrease in knowledge between T-1 to T-2 existed in each subsample (Table 3).

Table 2 Results of pair-wise comparison test of the repeated measure ANOVA

Differences between test times:	Motivational level		
	low	intermediate	high
KN_T1-KN_T0	MD = <b>4.29</b> , $p < .001$	MD = <b>4.43</b> , $p < .001$	MD = <b>4.77</b> , $p < .001$
KN_T2-KN_T1	MD = <b>-2.34</b> , $p < .001$	MD = <b>-1.82</b> , $p < .001$	MD = <b>-1.52</b> , $p = .003$
KN_T2-KN_T0	MD = <b>1.95</b> , $p < .001$	MD = <b>2.61</b> , $p < .001$	MD = <b>3.25</b> , $p < .001$

For the test-retest group, we found no significant effects in knowledge score between the points of measurement ( $M \pm SD_{pretest} = 9.86 \pm 2.94$ ,  $M \pm SD_{retest} = 9.81 \pm 3.0$ ). That means learning effects caused by confrontation with the questionnaire itself are not assumed.

The averaged knowledge sum scores correlated with the sub-scales *intrinsic motivation* and perceived *self-efficacy* before *career motivation*. For *grade motivation* only, marginal

correlations were evident, whereas the subscale perceived *self-determination* did not correlate with the sum score. The relation between knowledge and the overall science motivation seems to be least for T-0 and highest for T-2.

Table 3 Correlations between subscales of the SMQ-II and averaged knowledge scores at each testing schedule (N=194). IM: intrinsic motivation, SD: self-determination, CM: career motivation, GM: grade motivation, SE: self-efficacy Bonferroni correction: significant  $*p \leq 0.002$ ; to simplify matters correlations with  $p > 0.002$  are shown as dashes.

Knowledge	motivational facet					Total SMQ-II
	IM	CM	SD	SE	GM	
T-0	.303*	.259*	-	.367*	-	.315*
T-1	.380*	.260*	-	.314*	.213*	.329*
T-2	.399*	.270*	-	.359*	-	.344*

## Discussion

### *Student-centered learning unit is effective*

Our three-lesson classroom module produced sustainable knowledge, even in a long-term perspective. The simple fact that acquired short-term knowledge did not remain constant after the intervention is not surprising, when taking transfer processes from short-term to long-term memory into account (Driscoll, 2005). This result is in line with the literature: For instance, Schmid and Bogner (2015) or Goldschmidt and Bogner (2015) reported similar learning patterns in student-active learning environments, both formal (the first one) and informal (the latter). Comparing student-centered and teacher-centered environments, Gerstner and Bogner (2010) came to quite similar results for both treatments. The pattern of knowledge development is even true for very young ones (10 years old) during a week-long outdoor learning intervention (Liefraender, Bogner, Kibbe & Kaiser, 2015). In conclusion, different learning environments produce sustainable long-term knowledge gain after higher short-term peaks. Ascribing aspects of our learning environment to effectiveness due to instructional environments is, however, speculation. Consideration of additional variables is needed to detect further causes.

### *Science Motivation is related to cognitive achievement*

Science motivation and content knowledge show a linear dependence in our study, for all three test schedules: Highly motivated students perform better than less motivated ones, both in the pre- and the post-tests. The relation between different aspects of science motivation and achievement is well-established (e.g. Black & Deci, 2000; Britner & Pajares, 2006, Singh et. al, 2002). However, similar effect sizes of learning differences in all motivational groups and also similar  $p$ -values of pair-wise comparison suggest almost similar chances to *learn* in short-term intervention relative to a pre-existing knowledge basis. Possible reasons for this pattern are: (i) the learning content itself (renewable energies) may have been perceived as relevant by adolescents (Cole, Bergin & Wittaker, 2008); (ii) high interest and enjoyment during the learning activity may act as a system-inherent characteristic of the student-centered

learning environment (Sturm & Bogner, 2008); (iii) students' autonomy may receive support by self-regulated and independent learning (e.g. Bandura, 1993; Black & Deci, 2000); (iv) a focus on task-goals and not on achievement-goals may promote full use of individual potential and learning abilities (Anderman & Maehr, 1994).

Unfortunately, in conventional academic settings, students are often rated without taking into account preconditions, such as high or low motivation. As a consequence, highly motivated and less motivated students compete with each other, while the latter on average may receive worse grades or less positive feedback. This may cause just those effects described by Anderman and Maehr (1994) that low achievers don't see chances to reach academic levels and subsequently drop efforts, in turn causing even lower performance. Bandura (1993) described social comparison with others, who produce better performance, as leading to a decrease of perceived self-efficacy and weakened performance. Obrentz (2012) supported those concerns: within a 15-week observation period highly motivated students became even more highly motivated and lower motivated students less. A suggestion for everyday school life derived from this discussion could be the application of individual reference standards in school instead of social reference standards or, in the words of Anderman and Maehr (1994), setting task instead of ability goals to maintain students' motivation and individual performance.

Even though in our study different motivation lead to similar learning scores relative to pre-existing knowledge levels, knowledge differences between the highly and the medium motivated group in comparison to the less motivated group increased over the testing period: if we assume that the separation of motivated and less motivated students occurs usually after science lessons (as in our intervention), the performance gaps between the motivated and the rather un-motivated students will widen during a school year and even more during a total school life. This unfavorable process may then lead to better scientific literacy of motivated students, while worsening it for less motivated ones. In-depth studies are needed to confirm these findings.

### *Intrinsic or extrinsic matters*

Intrinsic aspects may link cognitive achievement and science motivation. Enjoyment, interest and feeling of self-efficacy show medium correlations with knowledge ( $r$  between .30 and .40). Only low correlation coefficients are observed between long-term career goals and grade motivation (partially non significant due to Bonferroni correction). Self-determination entirely fails to correlate with knowledge scores.

Many studies have shown positive effects of intrinsic motivation aspects on cognitive achievement (e.g. Bandura, 1993; Goldschmidt & Bogner, 2015; Singh et al., 2002). Therefore, development of positive intrinsic aspect in classrooms should be emphasized. This could be achieved by contextualization of contents to demonstrate their relevance, applicability and meaningfulness in students' lives (Singh et al., 2002). Fixed curricula, standardized testing and benchmarks may force teachers to cover a certain amount of content but may not provide the freedom to apply approaches that might be more relevant and interesting to them and the students, and to best reflect regional circumstances. Students will be more involved in a topic a teacher is enthusiastic about than in lifeless, abstract content (DeBoer, 2000). Information about career opportunities may also give science topics a higher



relevance for students (Singh et al., 2002). Self-efficacy may be supported by e.g. encouraging students to set their own standards, by the reduction of social comparison, by meaningful feedback and the application of tailored educational programs making mastery experiences possible (Pajares, 2002). Taking account of such implications is again important because interest, enjoyment and perceived personal importance of science supports life long learning, responsible for a developing scientific literacy (DeBoer, 2000).

A comparison of our results with those of Glynn et al. (2011) could be useful. In their study, science course GPAs (Grade Point Averages) correlated highest with *self-efficacy*, followed by *self-determination*, *grade-motivation* and *career motivation*; *intrinsic motivation* showed the least effect. Correlations differ from ours possibly due to different samples (college vs. secondary students). Apart from the different age-groups, college students had already decided on study-disciplines and career choices, whereas secondary school students in contrast are highly dependent on authority persons like teachers and parents. Furthermore, the social environment in school classes compared to college situations differs: adolescents work in a classroom community with up to 30 or even more peers, school students are personally known by the teacher, who ensures completion of homework and checks attendance and participation during lessons. Second, as earlier mentioned, content knowledge is only one aspect of subject grades or even final grades or grade means (Britner & Pajares, 2006; Obrentz, 2012; Pajares, 1996). Pure content knowledge could be e.g. more influenced by intrinsic factors due to a lack of feedback on performance as external stimulus. Therefore, extrinsic factors may play a subordinate role in our study design. Nevertheless, when correlating grades with motivation (see studies above) one should consider that school and college students are normally aware of their individual grades, which represents additional influence on performance. Receiving good grades can have a positive impact on future performance (Zimmerman, Bandura & Martinez-Pons, 1992), and on motivation, and not obtain favorable rewards can impair academic motivation (Anderman & Maehr, 1994). Those aspects also may explain differences in correlation between science grades and motivation found in studies mentioned above: they are mostly higher (e.g.  $r$  up to .58, Glynn et al. 2011; .56, Obrentz, 2012; .69, Velayutham et al., 2011) than the correlations found in our study ( $r$  up to .40). Still, Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller and Baumert (2005) reported an influence of the math self-concept, as stronger for math school grades than for math ability test scores. Singh et. al (2002) also found higher correlations of attitudes and motivation with math when grades instead of test scores were considered. That may point to further aspects beyond content knowledge as likely to cause the relationship between grades and attitudes. Investigating the associations of commitment in class/course with the SMQ-II might contribute additional insights (e.g. Lau & Roesers, 2002).

What indeed appears unusual in our results is the lack of correlation for content knowledge and science *self-determination*. We had expected that e.g. feeling of autonomy may lead to positive impact on academic performance. Black and Deci (2000) and Glynn et al. (2011; see above) found relations between self-determination and achievement in university students. Similarly, Grollnick and Ryan (1987) reported that asking elementary students to learn something in order to be tested, results in less contextual learning than asking them to learn something without mention of a subsequent test. Self-determination theory supports those findings (Deci & Ryan, 1985), as perception of autonomy leads to intrinsically motivated behaviors and as a consequence to higher interest and identification

with an activity. This again should be positively linked to scholastic performance and achievement. Also, Zeyer and Wolf (2010) report small or no inter-correlations of *self-determination* with the other subscales of the SMQ-II. One reason for the deviant conduct of the *self-determination* subscale may simply lie in the item wording, since items refer mainly to the commitment and effort students show in science classes (“I study hard..., I prepare well..., I put enough effort..., I spend a lot of time”) and, in contrast to the items of the other subscales, refer rather to a meta-level (“I believe I..., I think about..., I enjoy...”), primarily covering behavior patterns with emphasis on achievement behavior. An earlier report by Ajzen and Fishbein (1977) of the lack of correlation between attitude and behavior in many studies further support those suspicions. One consequence of our reasoning is that emphasizing achievement behavior may introduce an additional variable in the subscale. An alignment of self-determination items to the others of the SMQ-II (e.g. “I feel responsible for my learning in science”, “I’m not pressured by my lecturer/teacher/parents to prepare well for science classes”) and repeated validation may be of interest.

Altogether, the SMQ-II, seems to be an appropriate tool for measuring science motivation of school students’ age group, because a relation, as postulated in literature, between science motivation and even the knowledge component of achievement is evident. Nevertheless, a re-examination of the subscale *self-determination* at least in a scholastic context seems advisable from our point of view.

### **Conclusion and outlook**

In contrast to many other studies, which mostly used course grades, final grades and grade means to quantify achievement, a precise monitoring of knowledge scores before and after an intervention offers advantages over grades: First, grades beyond pure knowledge levels are assumed to measure many other components, such as commitment, presentation skills or learning strategies of students. The correlation of grades with science motivation provides no information about specific factors connected to science motivation. Second, school and college students are normally aware of their individual grades, and this represents an additional influence on performance, as receiving good grades can have positive impact on future performance and on motivation.

In our study, a positive linear trend between science motivation and content knowledge appears already in the first test schedule, leading to our assumption that motivation plays an important role in performance before an intervention. Motivated students either had higher pre-existing knowledge or were more motivated to properly complete a questionnaire (just because they had greater interest in the content). The fact that a linear relation with similar effect size was repeatedly observed in the posttest-1 and -2 implies a similar chance to learn despite different starting points. Responsible factors for the linear trend between content knowledge and science motivation primarily are intrinsic factors like enjoyment and interest as well as perceived self-efficacy in science. Therefore, appropriately designed educational settings promoting different intrinsic aspects, like interest, enjoyment but also self-efficacy, may foster performance almost independently of pre-existing knowledge levels and science motivation. Concrete implications to address this claim are for example contextualization of contents to be relevant, applicable and meaningful in and for students’ lives, information about career opportunities or encouraging students in setting their

own standards, reduction of social comparisons, meaningful feedback and application of tailored educational programs making mastery experiences possible.

Nevertheless, the absolute levels of knowledge scores in our study point to a widening of knowledge differences between less and highly motivated students. Simultaneously, the correlation between science motivation facets and content knowledge reveals the same, as the SMQ-II correlations scores grow slightly between pre- and posttests.

We presume pre-existing knowledge as well as learning to be influenced by motivation towards science. Pre-existing knowledge may in turn also influence individual motivation towards science. Consequently, beyond scientific contents, focusing on intrinsic motivation in science classes may lead to a synergetic effect for life-long learning.

*This study was supported by the Inspiring Science Education project funded by the European Union's ICT Policy Support Program as part of the Competitiveness and Innovation Framework Program (#325123). Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the position of the European Commission.*

### References

- Ajzen, I.; Fishbein, M. (1977): Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin* 84 (5), 888–918. DOI: 10.1037/0033-2909.84.5.888.
- Anderman, E. M.; Maehr, M. L. (1994): Motivation and Schooling in the Middle Grades. *Review of Educational Research* 64 (2), 287–309. DOI: 10.3102/00346543064002287.
- Bandura, A. (1986): Social foundations of thought and action: A social cognitive Theory.: Englewood Cliffs, NJ Prentice Hall.
- Bandura, A. (1993): Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist* 28 (2), 117–148. DOI: 10.1207/s15326985ep2802\_3.
- Black, A. E.; Deci, E. L. (2000): The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science Education* 84 (6), 740–756. DOI: 10.1002/1098-237X(200011)84:6<740::AID-SCE4>3.0.CO;2-3.
- Britner, S.L.; Pajares, F. (2006): Sources of science self-efficacy beliefs of middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*. 43 (5), 485–499. DOI: 10.1002/tea.20131.
- Cole, J. S.; Bergin, D. A.; Whittaker, T. A. (2008): Predicting student achievement for low stakes tests with effort and task value. *Contemporary Educational Psychology* 33 (4), 609–624. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2007.10.002.
- DeBoer, G. E. (2000): Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching* 37 (6), 582–601.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: Self-determination in personality. *Journal of research in personality*, 19(2), 109-134.
- Driscoll, M. P. (2005): Psychology of learning for instruction. 3rd ed. Boston: Pearson Allyn and Bacon.
- Field, A. P. (2013): Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock 'n' roll. 4th edition. London: SAGE
- Gardner, P. L. (1975): Attitudes to Science. A Review. *Studies in Science Education* 2 (1), 1–41. DOI: 10.1080/03057267508559818.
- Gerstner, S.; Bogner, F. X. (2010): Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education* 32 (7), 849–870. DOI: 10.1080/09500690902803604.
- Glynn, S. M.; Brickman, P.; Armstrong, N.; Taasoobshirazi, G. (2011): Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching* 48 (10), 1159–1176. DOI: 10.1002/tea.20442.
- Glynn, S. M.; Taasoobshirazi, G.; Brickman, P. (2009). Science Motivation Questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*. 46 (2), 127–146.
- Goldschmidt, M.; Bogner, F. X. (2015): Learning About Genetic Engineering in an Outreach Laboratory: Influence of Motivation and Gender on Students' Cognitive Achievement. *International Journal of Science Education, Part B*, 1–22. DOI: 10.1080/21548455.2015.1031293.
- Grolnick, W. S., & Ryan, R. M. (1987). Autonomy in children's learning: an experimental and individual difference investigation. *Journal of personality and social psychology*, 52(5), 890.
- Hannafin, M.; Land, S.; Oliver, K. (1999): Open learning environments: Foundations, methods, and models. Charles M. Reigeluth (Hg.): A new paradigm of instructional theory. Mahwah, NJ: Erlbaum. 115–140.
- Kline P, (1993): The handbook of psychological testing. London: Routledge
- KMK, Sekretariat der Kultusministerkonferenz [Office of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs in the Federal republic of Germany]: Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Bildungsabschluss [Resolution of the Standing

Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the Länder in the Federal Republic in Germany - Standards of biology education for secondary school]. Munich: Luchterhand (2005).

Lau, S.; Roeser, R. W. (2002): Cognitive Abilities and Motivational Processes in High School Students' Situational Engagement and Achievement in Science. *Educational Assessment* 8 (2), 139–162. DOI: 10.1207/S15326977EA0802\_04.

Laugksch, R.C. (2000): Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education* 84 (1), 71–94.

Liefländer, A. K.; Bogner, F. X.; Kibbe, A.; Kaiser, F. G. (2015): Evaluating Environmental Knowledge Dimension Convergence to Assess Educational Programme Effectiveness. *International Journal of Science Education* 37 (4), 684–702. DOI: 10.1080/09500693.2015.1010628.

Lienert, G. A.; Raatz, U. (1998): Testaufbau und Testanalyse [Test design and analysis]. 6th edition, Weinheim: Beltz

Marsh, H. W.; Trautwein, U.; Lüdtke, O.; Köller, O.; Baumert, J. (2005): Academic Self-Concept, Interest, Grades, and Standardized Test Scores: Reciprocal Effects Models of Causal Ordering. *Child Development* 76 (2), 397–416. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2005.00853.x.

Obrentz, S. B. (2012): Predictors of Science success: The impact of motivation and learning strategies on college chemistry performance (Educational Psychology and Special Education Dissertations., Paper 77). Dissertation, Georgia State University, 2012. [http://scholarworks.gsu.edu/epse\\_diss/77](http://scholarworks.gsu.edu/epse_diss/77)

Osborne, J.; Simon, S.; Collins, S. (2003): Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25 (9), 1049–1079. DOI: 10.1080/0950069032000032199.

Pajares, F. (1996): Self-Efficacy Beliefs and Mathematical Problem-Solving of Gifted Students. *Contemporary Educational Psychology* 21 (4), 325–344. DOI: 10.1006/ceps.1996.0025.

Pajares, F. (2002): Gender and perceived self-efficacy in self-regulated learning. *Theory into practice* 41 (2), 116–125.

Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walberg-Henriksson, H.; Hemmo, V. (2007): Science education now. A renewed pedagogy for the future of Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Ryan, R. M.; Deci, E. L. (2000): Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25 (1), 54–67. DOI: 10.1006/ceps.1999.1020.

Schiefele, U., Krapp, A., & Winteler, A. (1992). Interest as a predictor of academic achievement: A meta-analysis of research. K.A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* 183–212. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Schmid, S.; Bogner, F. X. (2015): Effects of Students' Effort Scores in a Structured Inquiry Unit on Long-Term Recall Abilities of Content Knowledge. *Education Research International* 2015 (2), 1–11. DOI: 10.1155/2015/826734.

Schumm, M. F., & Bogner, F. X. (2016). Measuring adolescent science motivation. *International Journal of Science Education*, 1-16. DOI:10.1080/09500693.2016.1147659

Schunk, D. H.; Pintrich, P. R.; Meece, J. L. (2008): Motivation in education. Theory, research, and applications. 3rd ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson

Singh, K.; Granville, M.; Dika, S. (2002): Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. *The Journal of Educational Research* 95 (6), 323–332. DOI: 10.1080/00220670209596607.

Stake, J. E.; Mares, K. R. (2001): Science enrichment programs for gifted high school girls and boys: Predictors of program impact on science confidence and motivation. *Journal of Research in Science Teaching* 38 (10), 1065–1088. DOI: 10.1002/tea.10001.

Sturm, H.; Bogner, F.X. (2008): Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education* 30 (7), 941–959. DOI: 10.1080/09500690701313995.

## E Teilarbeiten

Vedder-Weiss, D.; Fortus, D. (2012): Adolescents' declining motivation to learn science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching* 49 (9), 1057–1095. DOI: 10.1002/tea.21049.

Velayutham, S.; Aldridge, J.; Fraser, B. (2011): Development and Validation of an Instrument to Measure Students' Motivation and Self-Regulation in Science Learning. *International Journal of Science Education* 33 (15), 2159–2179. DOI: 10.1080/09500693.2010.541529.

Wilcox, R. R. (2005): Introduction to robust estimation and hypothesis testing. 2nd ed. Amsterdam, Boston: Elsevier/Academic Press (Statistical modeling and decision science).

Zeyer, A.; Wolf, S. (2010): Is There a Relationship between Brain Type, Sex and Motivation to Learn Science? *International Journal of Science Education* 32 (16), 2217–2233. DOI: 10.1080/09500690903585184.

Zimmerman, B. J.; Bandura, A.; Martinez-Pons, M. (1992): Self-Motivation for Academic Attainment: The Role of Self-Efficacy Beliefs and Personal Goal Setting. *American Educational Research Journal* 29 (3), 663–676. DOI: 10.3102/00028312029003663.

Zimmerman, B. J. (2000): Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology* 25 (1), 82–91. DOI: 10.1006/ceps.1999.1016.

Approx. duration in minutes	Name of Activity	Content	Student activity	Example question of questionnaire assigned to this activity, right answer in <i>italics</i>
8	Introductory phase	Introduction by instructor: general information about learning cycle, distribution of workbook	Paying attention Working with introductory pages and glossary of workbook	What is meant by the word “anthropogenic”? <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Caused by mankind</i></li> <li>• Tropical CO<sub>2</sub> emission</li> <li>• Energy-rich</li> <li>• Fossil</li> </ul>
<b>Learning cycle</b>				
	Renewable energies-why?	Formation of resources, fossil resources as source of energy and materials, natural and anthropogenic greenhouse effect	Working with chart-text combinations, sorting of different materials (made of fossil/renewable resources), developing chemical equation, considering problems of the use of fossil resources alternatives	What would be the consequence if there would be no natural greenhouse effect <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lower temperature on earth's surface</i></li> <li>• Higher temperature on earth's surface</li> <li>• Temperature would be the same</li> <li>• Less light would reach earth's surface</li> </ul>
	Energy consumption	Use of energy in daily life: relation of electric power, transportation, heating and warm water	Collecting energy consuming activities, calculating energy use of daily life activities, deriving from pie chart differences of energy use at home and in school, considering alternatives	For which activity do we use particularly much energy from fossil energy sources? <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Transportation</i></li> <li>• Barbecue</li> <li>• Room lightning</li> <li>• Use of computer</li> </ul>
	Eco-power	Generation of power in power plants in general: source of energy, turbine, and generator; renewable energy sources, cogeneration of power and heat	Conducting experiment: moving an impeller with different sources of energy, using a card game for gaining background information, answering questions about functionality of power plants, considering how waste heat can be used appropriately	How much can the efficiency level of an average power plant be increased by using waste heat for heating and warm water use (power heat coupling)? <ul style="list-style-type: none"> <li>• From 30% to 60%</li> <li>• From 80% to 90%</li> <li>• <i>From 40% to 90%</i></li> <li>• From 50% to 60%</li> </ul>
85	Wood as fuel	Cycle of photosynthesis and use of energy from biomass: chemical reactions, sun as source of energy, binding of energy in plants, release of energy from plants by burning, importance of plants because of O <sub>2</sub> production	Deriving chemical formula for cell respiration/photosynthesis from learning poster, considering about exothermic and endothermic aspects of the chemical reactions, considering about origin of energy in plants and additional importance of plants for mankind, discussing about sustainability of use of energy from biomass, calculating calorific value of wood	Which of these processes can be called sustainable? <ul style="list-style-type: none"> <li>• If we generate energy only from biomass</li> <li>• If the CO<sub>2</sub> emitted by use of bio-energy remains exceptionally long in the atmosphere</li> <li>• <i>If just as much CO<sub>2</sub> is fixed by plants as emitted by energy production from biomass</i></li> <li>• If plants for bio-energy production are grown particularly resistant</li> </ul>
	Eco for the car?	Important characteristics of fuels for transportation; definition, production and raw materials of bio-fuels; controversies in society (“dinner plate or fuel tank”).	Assigning important characteristics of fuels for transportation to provided graphic; deriving definition of bio-fuels from learning materials, considering which raw materials of bio-fuels are also eatable; discussing about “dinner plate or fuel tank”-caricature and considering solutions	How can we avoid “dinner plate or fuel tank” conflict? <ul style="list-style-type: none"> <li>• By avoiding fuel loss of car tanks</li> <li>• By avoiding contamination of drinking water with fuel</li> <li>• <i>By avoiding generation of fuel out of food</i></li> <li>• By minimizing pollutant emission of engines</li> </ul>
	Little helpers producing gas	Source materials and products of biogas plants (heating, natural gas, power), sustainable use of biogas plants, living conditions and products of methane producing	Exploring functionality of power gas plant with learning puzzle, finding out about products and sustainable use of bio-gas plants; deriving living conditions and products of methane producing archae-bacteria from puzzle, consider	Under which conditions archae-bacteria produce biogas most effectively? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerobic conditions, 35°C</li> <li>• Anaerobic conditions, 15°C</li> <li>• Aerobic conditions, 45°C</li> <li>• <i>Anaerobic conditions, 35°C</i></li> </ul>

## E Teilarbeiten

		achae-bacteria, use of fermentation residues	about contents in fermentation residues	
	Renewable energies? Yes, please!	Energy from sun, wind and water: different possibilities to produce green electricity; electricity yields and advantages and disadvantages of different power plants; discrepancies between different stakeholders	Placing in a model-landscape symbols of wind, water and solar power plants, calculating how much households can be supplied with electricity harvested from their landscape, discussion with role cards viewpoints of different stakeholders, concluding important arguments	What generates the highest electricity yields? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Big Wind turbine</li> <li>• <i>Big hydroelectric station</i></li> <li>• Solar module (10m<sup>2</sup>)</li> <li>• Biogas plant</li> </ul>
	Optional learning station: Flower Power	1kWh of different bio-fuels (straw, wood, pellet fuel, oil) in transparent containers presented, advantages and disadvantages of different bio-fuels	Finding out different density of energy in different materials, deriving with help of information cards about content in transparent containers and advantages and disadvantages of fuels	Because this station is optional no question assigned
15	Break	-	-	-
40	Interactive Simulation: energy revolution	Electricity mix today in Germany; striven energy transition in Germany; components of sustainable development, different types of power plants; fluctuating energy yield of wind and solar power plants, influence factors on price for electricity	Working with a virtual landscape in the year 2013 where people using mainly fossil and nuclear energy; aiming to substitute all fossil and atomic power plants with renewable energies until year 2022 by building sustainable power plants; additional ensuring a continuous power supply and the satisfaction of citizens, investing in building of sustainable power plants, investigation and citizens' information; after work with the simulation reflecting about how society can change their energy use and production to come to a sustainable energy concept	Which domains have to be taken into account for the change in energy supply to be sustainable? <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Economy, ecology, society</i></li> <li>• Ecology, recycling, society</li> <li>• Economy, well-being, society</li> <li>• Economy, democracy, society</li> </ul>
2	Closing	Short conclusion and distribution of post-test1	Paying attention	-



## 5. Teilarbeit C:

Schumm, M. F. & Bogner, F.X. (2016)

How Environmental Attitudes interact with Cognitive Learning in a Science Lesson  
Module

Education Research International  
(submitted, Manuscript ID 6136527)

## **How Environmental Attitudes interact with Cognitive Learning in a Science Lesson Module**

Maximiliane F. Schumm\* & Franz X. Bogner

*Centre of Math & Science Education (Z-MNU), University of Bayreuth, University Campus, NW-1, 95447 Bayreuth, Germany*

### **Abstract**

As cognitive knowledge plays a major role in supporting pro-environmental behavior, identification of individual aspects related to knowledge acquisition is essential. Our study monitored knowledge levels before and after a science-based lesson set in relation to self-reported behavior and attitudinal preferences (attitudes towards environmental Preservation and Utilization) of 190 students (age  $M \pm SD$ :  $15.96 \pm 0.55$ ; 51.1 % female). A knowledge questionnaire was completed once before and twice after participation. Additionally, (i) the 2-MEV (*Major Environmental Values*) and (ii) the GEB (*General Ecological Behavior*) were applied. Girls showed higher Preservation but lower Utilization attitudes than boys did. Learning success was positively related to Preservation preferences (for girls) as well as to behavior-based scores (for girls and boys). For boys, high preferences in Utilization were negatively correlated with learning achievement.

Key words: Major Environmental Values (2-MEV), General Ecological Behavior (GEB), gender differences, cognitive learning, energy literacy, evaluation

\*Corresponding author: Maximiliane.schumm@uni-bayreuth.de

## Introduction

The energy issue is an important one in our century, although general knowledge about the meaning of energy in our lives is still quite sparse [1]. Beyond technological and scientific concerns, such as the consequences of fossil fuel exploitation or the development of energy-saving strategies, social questions need consideration (e.g. disparities between western countries and developing countries, energy supply of the future, our impact on earth by continuing overconsumption of energy). Science education needs to address those questions and to take into account the interaction between science, technology and society (STS, e.g. [2]). Hodson [3] proposed enriching STS approaches with aspects of environmental education (STSE) by showing relationships to technical devices, how they are produced, and scientific principles that support understanding of our interactions with the earth's biosphere: Ignoring the environmental aspect may lead to incorrect conclusions about science and technology's potential to solve (environmental) problems, e.g. producing better air filters rather than diminishing air pollution. In this way, solutions to environmental problems would be ceded exclusively to experts and officials, rather than to individuals.

A concept that combines concerns of energy as crucial topic and the STSE approach is *energy literacy*. DeWaters and Powers [4] defined the measurable benchmarks as cognitive affective and behavioral: e.g. an energy literate person is aware of energy consumption and basic energy concepts, takes responsibility for his/her energy consumption, understands the need of restriction of energy use and the development of renewable energy sources and makes coherent personal decisions. By taking into account the above mentioned characteristics, a science-based lesson set for adolescents about renewable energies was implemented.

## *Cognitive Achievement*

The potential of educational modules has repeatedly been demonstrated: Usually, students learn cognitively during an intervention and, despite a decrease some weeks after, achievement gains persist (see e.g. [5], [6], [7]). However, not all participants in those programs perform equally well in knowledge tests, since many variables may interact with achievement successes ([8],[9]). For instance, intrinsic aspects like interest ([10], [11]) or perceived self-efficacy [12] are supposed to relate positively to cognitive achievement. Similarly, connections between environmental attitudes and knowledge have been reported: Bogner [13], [14] found positive relationships between knowledge and environmental perception. Dieser and Bogner [15] also reported positive correlations between pro-environmental preferences and scores on a knowledge test, and negative correlations with egocentric environmental attitudes and knowledge scores. In Fremerey and Bogner [16] learning success was related to pro-environmental attitudes: while in Boeve-de Pauw and Van Petegem [17] environmental knowledge correlated negatively with egocentric environmental preferences.

## *Environmental attitudes and behavior*

A relationship of environmental attitudes with effectiveness of education modules seems to exist, although studies differ in the importance assigned to aspects of environmental attitudes related to cognitive [17], [15], [16]. Measurements of attitudes and values (on the basis of 2-MEV, *two Major Environmental Values*) and of reported ecological behavior (on the basis of GEB, *General Ecological Behavior*), have been examined [18], [19]. Repeated independent confirmation of these models provide additional support for validities and reliabilities: for instance Milfont and Duckitt [20] confirmed the existence of two attitude-set domains: the egoistic and the altruistic one (see also below). Thus, the 2-MEV with its architecture of two dimensions has not only been repeatedly confirmed by cross validation studies [21], [22], [23], but has also been shown to be very stable over eight subsequent cohorts (e.g. [24]). The two dimensions are an anthropocentric perspective reflecting the Utilization of natural resources and a more bio-centric perspective with a focus on protection and conservation of natural resources [25]. Preservation reveals rather selfless protection and conservation preferences towards the natural environment. Utilization in contrast addresses the use of natural resources and environment with the respondent as the main beneficiary [26]. This model thus allows the assessment of two practically independent dimensions. That means that assessment of the estimated importance of making use of natural resources does not conflict with assessment of high environmental protection values. The 2-MEV is especially designed for adolescents. Its performance has been repeatedly independently confirmed (e.g. [17], [27], [28]).

Pro-environmental behavior focuses on the reduction of negative effects of actions on the natural world, by reducing for example waste production or consumption of resources [28]. Despite the fact that a person with a pro-environmental attitude may show pro-environmental behavior, the direct relation between attitude and behavior is controversial: A person, for example, holding environmental attitudes should not eat meat, in order to minimize her/his ecological footprint; another person may not eat meat for other reasons. We can't say that this person also has a preserving environmental attitude because other motives may lay behind the non-meat-eating behavior e.g. special diet for health reasons. Nevertheless, Kaiser et al. [19] argue that when monitoring *a set of behaviors*, as the GEB does, the underlying attitude can be extracted quite well.

### ***Sex-specific differences in environmental attitudes***

Differences in environmental attitudes have frequently been described in the literature (e.g. [29], [30]). Females are often reported to have higher pro-environmental values and demonstrate more pro-environmental behavior than males do. Those differences may originate in socialization processes and gender roles [31], as in many cultures women are expected to be cooperative, helpful and attentive whereas men are thought to be aligned with autonomy and competitive orientation [32]. Stern, Dietz, Kalof and, Guagnano [33] reported women as being more sensitive to the consequences of interference with the ecosystem affecting other species and the biosphere, and holding stronger biospheric-altruistic values. Fremerey and Bogner [16], for instance, reported for girls higher Preservation but lower Utilization attitude-sets. In contrast, Boeve-de Pauw and van Petegem [17] as well as Oerke and Bogner [34] reported higher utilitarian

preferences in males but no higher pro-environmental attitudes in females. Also Dieser and Bogner [15] and Liefländer and Bogner [35] found no gender differences in the environmental attitudes of children. Similar to the relation between cognitive achievement and environmental attitudes (see above), the pattern structure of gender differences in environmental attitudes seems complex. Therefore, these two issues may need further disentangling efforts. Consequently, our research questions are:

- (i) Can we find sex-specific differences in Preservation, Utilization as well as in the reported behavior scores?
- (ii) Do correlations of environmental attitudes and reported behavior with cognitive achievement differ for boys and girls?

## Material and Methods

### *Participants*

Our sample consisted of 232 students ( $M_{\text{age}} \pm SD$ :  $16.02 \pm 0.56$ ; 50.41 % female) of 10<sup>th</sup> grade college preparatory school ('Gymnasium'). Teachers enrolled their classes for a learning module with associated data collection and parents approved their agreement in participation of their children by informed consent.

### *Science based environmental education module*

A three-lesson module (135 minutes) about the use of fossil fuels and alternative energy sources was applied [7]. The intention of our didactic materials was to support interdisciplinary learning on different topics (e.g. global warming: chemistry of burning fossil fuels, physics of the greenhouse effect and ecological effects of the latter). In this way, we combined science with environmental education [3] to present a holistic picture of the issue. The topics conformed to the 10<sup>th</sup> grade curriculum.

To support cooperative learning, participants worked in pairs. Guidance was given by a workbook, and the order of learning stations was chosen autonomously. Two teachers were available as guides. Sample solutions for each work station were available on demand at the teachers' desk.

### *Test design*

An ad-hoc knowledge questionnaire was applied accompanied by (i) the 2-MEV to measure '*two major environmental values*' [18] and (ii) the GEB to measure self-reported '*general ecological behavior*' [19]. The knowledge questionnaire was administered three times to track individual knowledge development. The 2-MEV and the GEB were administered once.

Knowledge about specific environmental and scientific aspects around renewable energies was assessed by a multiple-choice test (e.g. "What would be the consequence if there would be no natural greenhouse effect", "How can we avoid *dinner plate or fuel tank* conflict?" [7]). Each of the 21 items was provided with four possible answers with one correct one. The knowledge questionnaire was designed according to the learning module and pilot-tested with students as well as experts before application. The questionnaire was administered one week before (T0),

directly after (T1) and six weeks after (T2) participation in the learning module. To avoid test effects, the order of items and distractors were changed for each test schedule. Students were not informed about any testing schedule, to prevent undesired preparation.

The 2-MEV questionnaire [36], [18] was applied in its modified version of Kibbe, Bogner and Kaiser [37]. Due to time restrictions in the application of the questionnaire, only 10 items of the 20 were selected (on the basis of the factor loadings plotted in Kibbe et al. [37]; and of the content of the items). As the 2-MEV measures two domains labeled Preservation (PRES) and Utilization (UTIL) 5 items of each subscale were chosen (see table 1). Responses were elicited via a five-point Likert scale from strongly disagree (1) to strongly agree (5). Behavior-based preferences were collected with the GEB, specially designed for adolescents [19]. The 40 original items of the GEB are grouped into the six domains recycling, waste avoidance, consumerism, mobility and transport, energy conservation, and vicarious conservation behaviors. As according to Kaiser et al. [19] one sub-domain can already predict any other, we selected 14 items that best matched the content of the learning module (domain energy conservation, 6 items, e.g. “After one day of use, my sweaters and trousers go into the laundry”; domain mobility and transport, 3 items, e.g. “I ride a bicycle, take public transportation or walk to school”; 5 selected items of the domain vicarious behaviors toward conservation, e.g. “I insist on holidays close to home”). The response format was a five-point Likert scale from totally incorrect (1) to totally correct (5).

### *Statistical analysis*

For statistical analysis, SPSS (Version 22.0) was used. Complete datasets of 190 students (age  $M \pm SD$ :  $15.96 \pm 0.55$ ; 51.1 % female) were considered for our analysis. Sum score means of each subject for the Preservation and Utilization preferences, the reported behavior and sum scores for the knowledge questionnaire have been calculated. Following the central limit theorem, normal distribution was assumed, and therefore parametric testing used.

For the 2-MEV, factor structure of the 10 items was extracted by a principal component factor analysis with oblique rotation (direct oblimin) with the number of factors fixed to two. In the next step, using the independent t-test gender differences were examined in the two 2-MEV domains (UTIL and PRES) and in the GEB.

In preparation for the next step, answers of the knowledge questionnaire were recoded to 1 for correct and 0 for incorrect. Individual test-scores were calculated by summing the single answer-scores of the 21 questions. To examine the relations between 2-MEV and GEB with knowledge in T-0, T-1 and T-2, a two-tailed Pearson correlation separately for boys and girls was performed and Bonferroni correction employed.

## **Results**

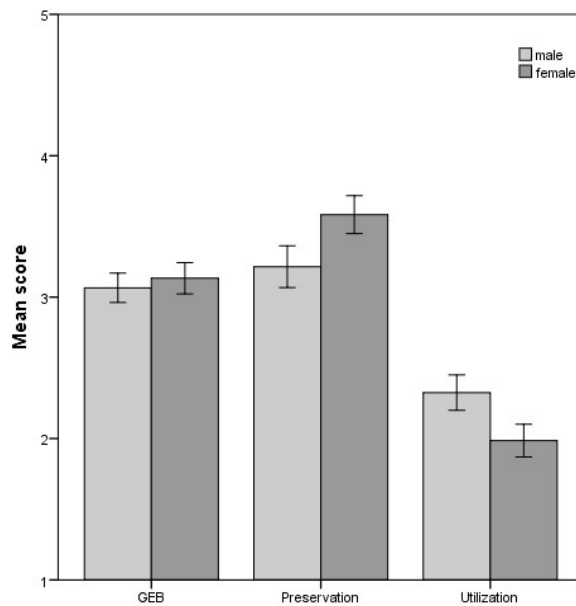
A principal component factor analysis confirmed the two factor structure of the 2-MEV, although we had applied a shortened version. Table 1 shows the factors after oblique rotation (factor-1 reflecting Preservation, and factor-2 Utilization of nature). This confirms the structure of the instrument to measure both attitude sets. The KMO value with 0.65 sufficient was sufficient to

verify the sampling adequacy. Also all KMO scores of the individual items were above the critical value of 0.5 [38]. No cross-loading exceeded 0.3.

**Table 1** exploratory factor analysis for the 2-MEV for 10 Items; N=190

Items	PRES	UTIL
1PP: It upsets me to see the countryside taken over by building sites.	.782	
7PP: Dirty industrial smokes from chimneys make me angry.	.700	
15UN: Humans do not have the right to change nature as they see fit.	.592	
9PP: It is interesting to know what kind of creatures live in ponds or rivers.	.566	
18UN: Human beings are not more important than other creatures.	.434	
17UP: We must build more roads so people can travel to the countryside.		.736
19UP: People worry too much about pollution.		.689
16UP: We need to clear forests in order to grow crops.		.568
3PN: We don't need to set aside areas to protect endangered species.		.556
14UP: Nature is always able to restore itself.		.384
Eigenvalues	2.42	1.46
% of the variance	24.19	14.56

An independent t-test showed males ( $M \pm SD = 2.32 \pm .61$ ) as scoring significantly higher on exploitative Utilization than females ( $M \pm SD = 1.99 \pm .57$ ). The difference (0.33, 95% CI [0.17, 0.51]) is significant ( $t(188) = 3.95, p < .001$ ) with a nearly medium effect size ( $r = 0.28$ ). The reverse was observed for Preservation: females ( $M \pm SD = 3.58 \pm .67$ ) yield higher scores than males ( $M \pm SD = 3.22 \pm .72$ ). This difference (-0.37, 95% CI [-0.57, -0.17]) is also significant ( $t(188) = -3.67, p < .001, r = 0.26$ ). In contrast, in the GEB no gender differences occurred (figure 1).

**Figure 1** Gender differences are only observable for the 2-MEVdomains; N=190; error bars show

95% CI

With Bonferroni correction applied neither environmental attitudes nor behavior correlated with knowledge in the pretest, but did in both retests (Table 3). PRES and GEB showed positive relations with retest knowledge, whereas UTIL is negatively related with knowledge scores T1 and T2. For females correlations between knowledge and PRES and GEB are evident for T1 and T2, whereas knowledge of male participants correlates with UTIL and GEB only at T2. All significant correlations showed medium effect size.

**Table 3** correlations between knowledge scores with 2-MEV and GEB, Bonferroni correction  
 \* $p_{sig} \leq .003$ . PRES: Preservation, UTIL: Exploitative Utilization, m: male (n=93), f: female (n=97)

Knowledge		T0		T1		T2	
		m	f	m	f	m	f
PRES	r	<b>.068</b>	<b>.050</b>	<b>.111</b>	<b>.365*</b>	<b>.222</b>	<b>.304*</b>
	p	.519	.625	.288	< .001	.033	.002
UTIL	r	<b>-.219</b>	<b>-.035</b>	<b>-.281</b>	<b>-.259</b>	<b>-.444*</b>	<b>-.170</b>
	p	.035	.730	.006	.010	< .001	.095
GEB	r	<b>.162</b>	<b>.288</b>	<b>.253</b>	<b>.357*</b>	<b>.309*</b>	<b>.358*</b>
	p	.121	.004	.014	< .001	.003	< .001



## Discussion

First of all, the solid structure of the 2-MEV even with a reduced number and reverse phrased items, again appeared in its clear two-dimensionality. This is not surprising because its consistency has been confirmed in several independent studies (e.g. [27], [28], [20]). Recently, Bogner et al. [24] showed for the 2-MEV scale the stability of a 16 item version, instead of the full 20 item set, monitored over a period of eight years. Also cross-section studies with different populations confirmed the 2-MEV model of two underlying variables even with less than the full 20 items [15], [39]. One advantage of a reduced item-set is its better applicability in limited time frames of intervention studies.

Like in Bogner and Wiseman ([18], subjects' age about 14) or Fremerey & Bogner ([16], subjects' age about 12) girls showed higher preserving but lower Utilisation attitudes than boys. This dichotomous pattern is not consistent, other studies finding a different one: Boeve-de Pauw and van Petegem ([17], subjects about 11 year old) as well as Oerke and Bogner ([34], subjects pre-service and in-service teachers) reported higher utilitarian preferences for males but found no higher pro-environmental attitudes for females. Dieser and Bogner ([15], subjects about 10 year old) and Liefländer and Bogner ([35], subjects of subsample 1 about 10, of subsample 2 about 12 year old) found no sex-specific differences of the two MEV domains at all. Nevertheless, if differences do appear, females tend to score higher on pro-environmental attitudes. A commonly used explanation for the rather pro-environmental attitudes of women [31] is that they may react more sensitively to the consequences for species or the biosphere, thus obtaining stronger biospheric-altruistic values [33].

Another explanation for sex-specific effects of the 2-MEV is reported by Boeve-de Pauw, Jacobs & Van Petegem [40] who discussed decoding differences of item wordings. Our study, however, used an optimized version of the 2-MEV with modified wording of some items [37], which may have overcome such objections. Also, pro-environmental results of women caused by social desirability issues could be attenuated for the same reason: the negative wording of some items of the applied 2-MEV scale should prevent the effects of social desirability from interfering [37]. Nevertheless, repeating the study of Oerke & Bogner [41] for the adjusted version of the 2-MEV would be advisable to see if the negatively coded items counteract against the influence of social desirability as predicted.

No sex-specific differences are evident for the self-reported ecological behavior. Accordingly, both 2-MEV and the GEB showed different gender sensitivity. Pro-environmental attitudes may not result in pro-environmental behavior, as difficulties or social hurdle may hinder a person from acting in a pro-environmental way despite attitudinal prerequisites (e.g. [19], [28]). One consequence of this argumentation is that the behavior-based approach of the GEB may prevent the detection of sex-specific differences. That may imply that the GEB and the MEV are measuring different aspects of environmental preferences. Nevertheless, the meta-analysis of

Zelezny et al. [31] pointed for most of the included studies sex-specific preferences with respect to pro-environmental behavior ( $r_{\text{gender}}=0.1$ ); even more than for attitude ( $r_{\text{gender}}=0.07$ ).

Knowledge levels in the pretest (T0) did not correlate with environmental attitudes for boys and for girls; though this is no longer the case for the retest scores after module participation: with girls a positive Preservation score implied positive knowledge scores in both retests; for boys a utilitarian attitude was detrimental to their long-term learning success. The fact that correlations were observed only for the retests suggests that attitudes are related to *learning* but *not* to previous knowledge. Girls' learning seems positively influenced by high Preservation scores but not by low Utilization scores. In contrast, for boys low Utilization scores seem essential for effective learning.

With a similar test-design, Dieser & Bogner [15] reported correlations of knowledge scores with Utilization already in the pretest; in retest 1 and 2 the correlation was observed for both Preservation *and* Utilization scores; however, the effects they report are smaller than in our study (highest correlation knowledge with UTIL=-.298, with PRES=.181). Consequently, low Utilization scorers already started with less previous. Dieser & Bogner [15] saw *previous knowledge* as connected to environmental attitudes, whereas in our study clearly *learning* was positively linked to high Preservation preferences (for girls) and even more by low exploitative Utilization preferences (for boys). We presume that among others age made the difference: subjects in Dieser & Bogner [15] were fourth and fifth graders (aged about 10 years). An additional explanation might originate in the knowledge item design: while Dieser & Bogner [15] focused on environmental and biological knowledge ("Why were animal bridges built", "What is a young lynx doing after leaving his mother"), we asked more for science based environmental issues ("What would be the consequence if there would be no natural greenhouse effect", "How can we avoid "dinner plate or fuel tank conflict", [7]). Children with a positive attitude towards nature might also have more environmental knowledge independently of an educational intervention. In contrast, students positively disposed to environmental issues who participated in our study might be more motivated to learn even if they had no knowledge advantages in the pretest. Boeve-de Pauw & Van Petegem [17] reported for subjects about 11 years old environmental knowledge as negatively correlated with Utilization but not with Preservation attitudes. In contrast, Fremerey & Bogner [16] found significant correlations only with knowledge in Preservation scores (subjects about 12 year olds). Reasons for the varying results on this issue may lie in the different educational backgrounds the studies are based on. Furthermore, our study dealt with adolescents, whereas the studies cited above monitored children aged between 10-12 years.

In conclusion, we showed learning success and Preservation attitudes (for girls) to be positively related. As in the literature, knowledge is consistently described as one influential factor of environmental attitudes (e.g. [28]), we can presume for students with higher knowledge levels a more eco-centric worldview and, in turn, higher pro-environmental attitudes to interact with their *learning*. In this way, a cycle of interacting factors (knowledge – pro-environmental attitudes) may develop. Moreover, especially for boys high preferences in Utilization showed a

negative impact on learning. That negative environmental values could prevent learning is also described by Kollmuss and Agyeman, [28]. Our findings suggest that environmental education programs should respond to this gender specific issue as different aspects for boys and girls seem decisive for learning.

The correlation between GEB scores and knowledge are similar for boys and girls. Although it should be noticed that for boys the correlation first appeared in the second retest while for girls the effects were already evident directly after the intervention. One reason for this phenomenon may be that boys with low and high Utilization and GEB scores at first learned equally effectively but boys with higher Utilization scores and lower GEB scores showed worse recall abilities. Before we continue to discuss the relations of the GEB with knowledge scores we need to emphasize that this discussion is only reasonable if we see the GEB as described by Kaiser et al. [19]: as an instrument to quantify self-reported behavior with a strong connection to attitudes behind the reported behavior. There is scant literature comparing the relation of reported behavior measured with the GEB with achievement like our study. Only Fröhlich, Sellmann and, Bogner [41] reported that one subscale of the GEB (consumerism) did not relate to knowledge gain. In the competence model for environmental education [42], [43], too, the GEB does not influence knowledge dimensions. Nevertheless, the connection between GEB and learning could be explained by (i) higher individual interest on the topic energy consumption today and in future [44] by subjects with environmental friendly behavior preferences. (ii) Options for individual actions were especially integrated into the learning module and were part of the knowledge questionnaire (see [7]). In this way, students with self-reported eco-friendly behavior may also have been more open to new behavior-patterns addressed during the intervention. (iii) Moreover, as mentioned above, Kaiser et al. [19] postulated for the GEB a substantial overlap with the preserving and Utilization attitudes.

## Conclusion

As many people even in the knowledge-based societies can't answer questions about e.g. generation of usable energy, personal consumption or saving of energy [1], educational efforts in energy issues in schools and universities should be prioritized. Aguirre-Bielschowsky, Lawson, Stephenson and Todd [45] highlighted a need for stimulation of conversation about energy at school and at home to achieve responsible citizenship. To improve knowledge situations, appropriate learning modules combining all aspects of *energy literacy* (cognitive, affective and behavioral) are needed [4]. In our study, environmental attitudes are differently related to *learning achievement* of boys and girls. Instructors should take into account individual differences by applying and offering diverse learning environments. As for boys low Utilization and for girls high Preservation preferences frequently seem to exist (e.g. [18]) learning environments addressing requirements of both sexes need specific consideration. Nevertheless, as knowledge acquisition and individual changes towards more eco-centric preferences always portray the germ of any outreach educational initiatives, educators may even better complete their intents when variables intervening with these frames are better known. The issue of energy education surely provides a suitable vehicle to reach this goals.

**Acknowledgement**

*We like to thank Michael Wiseman for his feedback on an early version of this manuscript.*

**Funding**

*This study was supported by the University of Bayreuth and the Inspiring Science Education project funded by the European Union's ICT Policy Support Program as part of the Competitiveness and Innovation Framework Program [#32512]. Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the position of the University of Bayreuth or the European Commission.*

## Literature

- 1 Armaroli, N.; Balzani, V. (2007): The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. In: *Angew. Chem. Int. Ed.* 46 (1-2), 52–66. DOI: 10.1002/anie.200602373.
- 2 Aikenhead, Glen S. (2003): STS education: A rose by any other name. In: *A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, 59–75. New York: Routledge Falme
- 3 Hodson, D. (2003): Time for action: Science education for an alternative future. In: *International Journal of Science Education* 25 (6), S. 645–670. DOI: 10.1080/09500690305021.
- 4 DeWaters, J.; Powers, S. (2013): Establishing Measurement Criteria for an Energy Literacy Questionnaire. In: *The Journal of Environmental Education* 44 (1), 38–55. DOI: 10.1080/00958964.2012.711378.
- 5 Goldschmidt, M.; Bogner, F. X. (2015): Learning About Genetic Engineering in an Outreach Laboratory: Influence of Motivation and Gender on Students' Cognitive Achievement. In: *International Journal of Science Education, Part B*, 1–22. DOI: 10.1080/21548455.2015.1031293.
- 6 Schmid, S.; Bogner, F. X. (2015): Effects of Students' Effort Scores in a Structured Inquiry Unit on Long-Term Recall Abilities of Content Knowledge. In: *Education Research International* 2015 (2), 1–11. DOI: 10.1155/2015/826734.
- 7 Schumm, F.; Bogner, F.X. (2016b): The Impact of Science Motivation on Cognitive Achievement within a 3-Lesson Unit about Renewable Energies. (*submitted*)
- 8 Hattie, J. (2009): Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London, New York: Routledge.
- 9 Randler, C.; Hummel, H.; Glaser-Zikuda, M.; Vollmer, C.; Bogner, F.X.; Mayring, P. (2011). Reliability and Validation of a Short Scale to Measure Situational Emotions in Science Education. In: *International Journal of Environmental and Science Education* 6 (4), 359-370.
- 10 Schumm, F.; Bogner, F.X. (2016a): Measuring Adolescent Science Motivation, *International Journal of Science Education* (in press: doi: 10.1080/09500693.2016.1147659)
- 11 Schunk, D. H.; Pintrich, P. R.; Meece, J. L. (2008): Motivation in education. Theory, research, and applications. 3rd ed. Upper Saddle River, N.J: Pearson/Merrill Prentice Hall.
- 12 Pajares, F. (2002). Gender and perceived self-efficacy in self-regulated learning. *Theory into practice*, 41(2), 116-125. DOI: 10.1207/s15430421tip4102\_8
- 13 Bogner, F. X. (1998): The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective. In: *The Journal of Environmental Education* 29 (4), 17–29. DOI: 10.1080/00958969809599124.
- 14 Bogner, F. X. (1999): Empirical evaluation of an educational conservation programme introduced in Swiss secondary schools. In: *International Journal of Science Education* 21 (11), 1169–1185. DOI: 10.1080/095006999290138.

- 15 Dieser O.; Bogner, F.X. (2015): How does hands-on outdoor learning influence children's environmental perception? (*submitted*).
- 16 Fremerey, C.; Bogner, F. X. (2015): Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. In: *Studies in Educational Evaluation* 44, 9–15. DOI: 10.1016/j.stueduc.2014.11.002.
- 17 Boeve-de Pauw, J.; van Petegem, P. (2011): The Effect of Flemish Eco-Schools on Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. In: *International Journal of Science Education* 33 (11), 1513–1538. DOI: 10.1080/09500693.2010.540725.
- 18 Bogner, F. X.; Wiseman, M. (2006): Adolescents' attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. In: *The Environmentalist* 26 (4), 247–254. DOI: 10.1007/s10669-006-8660-9.
- 19 Kaiser, F. G.; Oerke, B.; Bogner, F. X. (2007): Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents. In: *Journal of Environmental Psychology* 27 (3), 242–251. DOI: 10.1016/j.jenvp.2007.06.004.
- 20 Milfont, T. L.; Duckitt, J. (2004): The structure of environmental attitudes: A first- and second-order confirmatory factor analysis. In: *Journal of Environmental Psychology* 24 (3), 289–303. DOI: 10.1016/j.jenvp.2004.09.001.
- 21 Bogner, F.X.; Brengelmann, J.C.; Wiseman, M. (2000). Risk-taking and environmental perception. In: *The Environmentalist* 20 (1), 49-62. DOI: 10.1023/A:1006656011403
- 22 Bogner, F. X.; Wiseman, M. (1997): Environmental perception of rural and urban pupils. *Journal of Environmental Psychology* 17 (2), 111-122. DOI: 10.1006/jevvp.1997.0046
- 23 Wiseman, M.; Wilson, G., Bogner, F.X. (2012): Environmental values and authoritarianism. In: *Psychology Research* 2 (1), 25-31.
- 24 Bogner, F.X.; Johnson, B.; Buxner, S.; Felix, L. (2015): The 2-MEV model: Constancy of adolescent environmental values within an 8-year time frame. In: *International Journal of Science Education* 37 (12), 1938–1952. DOI: 10.1080/09500693.2015.1058988.
- 25 Bogner, F. X.; Wiseman, M. (2002): Environmental Perception: Factor Profiles of Extreme Groups. In: *European Psychologist* 7 (3), 225–237. DOI: 10.1027//1016-9040.7.3.225.
- 26 Wiseman, M.; Bogner, F.X. (2003): A higher-order model of ecological values and its relationship to personality. In: *Personality and Individual Differences* 34 (5), 783–794. DOI: 10.1016/S0191-8869(02)00071-5.
- 27 Borchers, C.; Boesch, C.; Riedel, J.; Guilahoux, H.; Ouattara, D.; Randler, C. (2013): Environmental Education in Côte d'Ivoire/West Africa: Extra-Curricular Primary School Teaching Shows Positive Impact on Environmental Knowledge and Attitudes. In: *International Journal of Science Education, Part B* 4 (3), 240–259. DOI: 10.1080/21548455.2013.803632.
- 28 Johnson, B.; Manoli, C. C. (2008): Using Bogner and Wiseman's Model of Ecological Values to measure the impact of an earth education programme on children's environmental perceptions. In: *Environmental Education Research* 14 (2), 115–127. DOI: 10.1080/13504620801951673.

- 28 Kollmuss, A.; Agyeman, J. (2002): Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? In: *Environmental Education Research* 8 (3), 239–260. DOI: 10.1080/13504620220145401.
- 29 Boeve-de Pauw, J.; Donche, V.; van Petegem, P. (2011): Adolescents' environmental worldview and personality: An explorative study. In: *Journal of Environmental Psychology* 31 (2), 109–117. DOI: 10.1016/j.jenvp.2010.05.003.
- 30 Bogner, F. X.; Wilhelm, M. (1996): Environmental perspectives of pupils: the development of an attitude and behaviour scale. In: *The Environmentalist* 16 (2), 95–110. DOI: 10.1007/BF01325101
- 31 Zelezny, L. C.; Chua, P.; Aldrich, C. (2000): Elaborating on gender differences in environmentalism. In: *Journal of social issues* 56 (3), 443–458.
- 32 Eagly, A. H.; Kite, M. E. (1987): Are stereotypes of nationalities applied to both women and men? In: *Journal of Personality and Social Psychology* 53 (3), 451–462. DOI: 10.1037/0022-3514.53.3.451.
- 33 Stern, P. C.; Kalof, L.; Dietz, T.; Guagnano, G. A. (1995): Values, beliefs, and proenvironmental action: attitude formation toward emergent attitude objects1. In: *Journal of applied social psychology* 25 (18), 1611–1636.
- 34 Oerke, B.; Bogner, F. X. (2010): Gender, age and subject matter: impact on teachers' ecological values. In: *The Environmentalist* 30 (2), 111–122. DOI: 10.1007/s10669-009-9250-4.
- 35 Liefländer, A. K.; Bogner, F. X. (2014): The Effects of Children's Age and Sex on Acquiring Pro-Environmental Attitudes through Environmental Education. In: *The Journal of Environmental Education* 45 (2), 105–117. DOI: 10.1080/00958964.2013.875511.
- 36 Bogner, F. X.; Wiseman, M. (1999): Toward Measuring Adolescent Environmental Perception. In: *European Psychologist* 4 (3), 139–151. DOI: 10.1027//1016-9040.4.3.139.
- 37 Kibbe, A.; Bogner, F. X.; Kaiser, F. G. (2014): Exploitative vs. appreciative use of nature – Two interpretations of utilization and their relevance for environmental education. In: *Studies in Educational Evaluation* 41, 106–112. DOI: 10.1016/j.stueduc.2013.11.007.
- 38 Field, A. P.: Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock 'n' roll. 4th edition.
- 39 Schneller, A.J.; Johnson, B.; Bogner, F.X. (2013): Measuring children's environmental attitudes and values in northwest Mexico: validating a modified version of measures to test the Model of Ecological Values (2-MEV). In: *Environmental Education Research* 21 (1), 61–75. DOI: 10.1080/13504622.2013.843648.
- 40 Boeve-de Pauw, J.; Jacobs, K.; van Petegem, P. (2014): Gender Differences in Environmental Values: An Issue of Measurement? In: *Environment and Behavior* 46 (3), 373–397. DOI: 10.1177/0013916512460761.
- 41 Fröhlich, G.; Sellmann, D.; Bogner, F. X. (2013): The influence of situational emotions on the intention for sustainable consumer behaviour in a student-centred

- intervention. In: *Environmental Education Research* 19 (6), 747–764. DOI: 10.1080/13504622.2012.749977.
- 41 Oerke, B.; Bogner, F. X. (2013): Social Desirability, Environmental Attitudes, and General Ecological Behaviour in Children. In: *International Journal of Science Education* 35 (5), 713–730. DOI: 10.1080/09500693.2011.566897.
- 42 Kaiser, F.; Roczen, N.; Bogner F.X. (2008). Competence Formation in Environmental Education: Advancing Ecology-Specific Rather Than General Abilities. In: *Umweltpsychologie* 12(2), 56-70.
- 43 Roczen, N.; Kaiser, F. G.; Bogner, F. X.; Wilson, M. (2013): A Competence Model for Environmental Education. In: *Environment and Behavior* 46 (8), 972–992. DOI: 10.1177/0013916513492416.
- 44 Schiefele, U. (1991): Interest, Learning, and Motivation. In: *Educational Psychologist* 26 (3-4), 299–323. DOI: 10.1080/00461520.1991.9653136.
- 45 Aguirre-Bielschowsky, I.; Lawson, R.; Stephenson, J.; Todd, S. (2015): Energy literacy and agency of New Zealand children. In: *Environmental Education Research*, 1–23. DOI: 10.1080/13504622.2015.1054267.



## **F Anhang**

Im Folgenden werden die Fragebögen der Studie gezeigt. Sie umfassen die in dieser Studie verwendete Skalen (SMQ-II, GEB, 2-MEV, BFI-10) und die entwickelten Wissensfragen.

Das Material des Lernzirkels „Energie- heute und morgen“ befindet sich aus urheberrechtlichen Gründen in einem gesonderten Anhang.



## Fragebogen zum Thema

### „Erneuerbare Energien“

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

Datum: .....

vielen Dank, dass Sie an dieser Befragung teilnehmen!

Dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und streng vertraulich.  
Er wird **nicht** benotet.

- Bearbeiten Sie diesen Test bitte **alleine** und **sorgfältig**.
- Kreuzen Sie die Antwort an, die **Ihrer Meinung nach** richtig sind.
- Wenn Sie Sich beim Ankreuzen vertan haben, dann malen Sie das Kästchen bitte vollständig aus und kreuzen ein anderes an.
- Bitte verwenden Sie zum Ausfüllen einen Stift mit **dunkler Schriftfarbe** (am besten Kugelschreiber).

Ich bin \_\_\_\_\_ Jahre alt

#### Ihr persönlicher Code:

Ihr persönlicher Code besteht aus:

1. Geschlecht (**W**eiblich oder **M**ännlich)?
2. Die letzten beiden Zahlen des **Geburtsjahres** (z.B. 99, 00, 01, 02, 03, 04)?
3. Mit welchen **zwei Buchstaben** beginnt der **Name Ihrer Mutter**?
4. In welcher **Hausnummer** wohnen Sie (z.B. 001, 034, 115)?

1. Geschlecht	2. Jahr	3. Mutter	4. Hausnummer
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bsp.: Daniel ist männlich, geboren im Jahr 2002, seine Mutter heißt Sandra und er wohnt in Hausnummer 12.

Daniels Code lautet:

M	O	2	S	A	O	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---

**1a.) Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen, indem Sie im entsprechenden Kästchen ein Kreuz setzen.**

SMQII, Science Motivation Questionnaire II, (Glynn et al., 2001)

Mit Naturwissenschaften sind hier Biologie, Chemie, Physik, Natur und Technik, Geologie gemeint!

	immer	oft	Gelegentlich	selten	nie
1.) Ich finde es interessant, etwas zu naturwissenschaftlichen Themen zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.) Ich finde naturwissenschaftliche Entdeckungen spannend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.) Was ich in den Naturwissenschaften lerne hat eine Bedeutung für mein tägliches Leben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.) Naturwissenschaftliche Kenntnisse geben meinem Leben mehr Bedeutung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.) Naturwissenschaften machen mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.) Naturwissenschaftliche Kenntnisse werden mir dazu verhelfen später eine gute Arbeit zu bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.) Naturwissenschaften zu verstehen, wird mich in meinem Berufsleben weiterbringen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.) Mich mit Naturwissenschaften auszukennen wird mir Vorteile im Berufsleben bringen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.) Ich werde in meinem Beruf meine naturwissenschaftlichen Problemlösefähigkeiten anwenden können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.) Mein Beruf wird etwas mit Naturwissenschaften zu tun haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.) Ich lerne viel für die naturwissenschaftlichen Fächer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.) Ich bereite mich auf Prüfungen und Experimente in den naturwissenschaftlichen Fächern immer gut vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.) Ich gebe mir beim Lernen für die naturwissenschaftlichen Fächer genug Mühe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.) Ich verwende viel Zeit darauf für die Naturwissenschaften zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.) Ich benutze bestimmte Lernstrategien, um mich gut auf naturwissenschaftliche Fächer vorzubereiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.) Ich glaube, dass ich im Zeugnis eine „1“ in den naturwissenschaftlichen Fächern bekommen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.) Ich bin sicher, dass ich in Prüfungen in den Naturwissenschaften gut abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.) Ich bin mir sicher, dass ich naturwissenschaftliches Wissen und Fähigkeiten beherrsche.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.) Ich bin mir sicher, dass ich Inhalte in den naturwissenschaftlichen Fächern verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**1b.) Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen, indem Sie im entsprechenden Kästchen ein Kreuz setzen.**

SQMII, Science Motivation Questionnaire II, (Glynn et al., 2001)

	immer	oft	Gelegent- lich	selten	nie
20.) Ich bin überzeugt davon, dass ich in naturwissenschaftlichen Experimenten und Projekten gut sein werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.) Es ist wichtig für mich in den Naturwissenschaften gute Noten bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.) Mir ist es wichtig, dass ich in naturwissenschaftlichen Fächern eine „1“ im Zeugnis bekomme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.) Ich denke darüber nach, welche Noten ich in den Naturwissenschaften bekommen werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24.) Eine gute Note in einem naturwissenschaftlichen Fach zu bekommen ist für mich wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.) Ich mag es, in den Naturwissenschaften besser als die anderen Schüler zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**2.) Bitte bewerte die folgenden Aussagen, indem du im entsprechenden Kästchen ein Kreuz setzt.**

GEB - General Ecological Behavior (Kaiser, Oerke & Bogner, 2007)

Folgende Aussage finde ich →	völlig richtig	ziemlich richtig	unent- schieden	ziemlich falsch	völlig falsch
Ich versuche, meine Eltern davon zu überzeugen, ein Auto mit möglichst wenig Benzinverbrauch zu kaufen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn sich jemand umweltschädigend verhält, mache ich ihn/ sie darauf aufmerksam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für den Schulweg benutze ich das Fahrrad, öffentliche Verkehrsmittel oder gehe zu Fuß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fordere meine Eltern auf, Obst und Gemüse der Jahreszeit entsprechend zu kaufen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich lasse mich im Auto herumfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für kürzere Wege (10 bis 15 Minuten) laufe ich oder benutze das Fahrrad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oberteile oder Hosen gebe ich in die Wäsche, wenn ich sie einen Tag lang getragen habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Verlassen eines leeren Raumes, schalte ich das Licht aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Winter ist es in meinem Zimmer so warm, dass man auch im T-Shirt nicht friert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Hotel lasse ich täglich die Handtücher wechseln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektrische Geräte (Fernseher, Musikanlage, Computer) lasse ich auf Stand-by stehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Winter drehe ich meine Heizung herunter, wenn ich mein Zimmer für mehr als 4 Stunden verlasse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich informiere mich in den Medien (Zeitung, Zeitschriften, Bücher, Fernsehen) über aktuelle Umweltfragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn es um unseren Urlaub geht, setze ich mich dafür ein, möglichst <u>nicht</u> weit weg zu fahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3.) Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen, indem Sie im entsprechenden Kästchen ein Kreuz setzen.**

2-MEV - Major Environmental Values (Kibbe, Bogner & Kaiser 2013)

Folgende Aussage →	Trifft zu	Trifft eher zu	Weder noch	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
1.) Es macht mich traurig, wenn Naturlandschaften bebaut werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.) Schmutziger Rauch aus Fabrikaminen macht mich wütend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.) Es ist interessant zu wissen, welche Kreaturen in Teichen und Flüssen leben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.) Man muss keine Gebiete schützen, um gefährdeten Arten helfen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.) Unsere Gesellschaft wird weiterhin auch die größten Umweltprobleme lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.) Die stille Natur draußen macht mich ängstlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.) Am Rand eines Weihers zu sitzen und Libellen zu beobachten ist langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.) Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.) Die Natur ist immer in der Lage, sich selbst zu erholen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.) Um uns alle ernähren zu können, muss Wald in Felder umgewandelt werden, um z. B. Getreide anbauen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.) Es sollten mehr Straßen gebaut werden, damit die Leute aufs Land fahren können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.) Die Menschen machen sich zu viel Sorgen über die Umweltverschmutzung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.) Menschen haben nicht das Recht, die Natur zu ändern, wie sie es für richtig halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.) Menschen sind nicht wichtiger als andere Lebewesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.) Nicht nur Pflanzen und Tiere von wirtschaftlicher Bedeutung sollten geschützt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.) Inwieweit treffen die folgenden Aussagen auf Sie zu? Bitte kreuzen Sie an!

	Ich...	völlig richtig	ziemlich richtig	unent- schieden	ziemlich falsch	völlig falsch
1	...bin eher zurückhaltend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	...schenke anderen leicht Vertrauen, glaube an das Gute im Menschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	...bin bequem, neige zur Faulheit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	...bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	...habe nur wenig künstlerisches Interesse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	...gehe aus mir heraus, bin gesellig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	...neige dazu, andere zu kritisieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	...erledige Aufgaben gründlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	...werde leicht nervös und unsicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	...habe eine aktive Vorstellungskraft, bin phantasievoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5a.) Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!**

Wissen (Kaiser, Roczen & Bogner, 2008)

1. Was bedeutet der Begriff anthropogen?

- ☐ Tropischer CO<sub>2</sub> Ausstoß
- ☐ Vom Menschen verursacht
- ☐ Energiereich
- ☐ Fossil

S1

2. Wie lange werden die förderbaren Vorräte an Erdöl auf der Erde ausreichen?

- ☐ Für max. 10 Jahre
- ☐ Für max. 100 Jahre
- ☐ Für max. 1000 Jahre
- ☐ Für max. 10 000 Jahre oder länger

S2

3. Was ist Bioenergie?

- ☐ Alle erneuerbaren Energien
- ☐ Alle Energie, die nicht aus Atomkraft stammt
- ☐ Energie, die in Biomüll steckt
- ☐ Energie, die aus Biomasse gewonnen wird

S3

4. CO<sub>2</sub> ist ein Problem, weil...

- ☐ es den Treibhauseffekt verstärkt.
- ☐ es Pflanzen schädigt.
- ☐ es die Ozonschicht zerstört.
- ☐ es die Haut reizt.

S4

5. Was würde mit der Erde passieren, wenn es keinen natürlichen Treibhauseffekt gäbe?

- ☐ Es wäre viel kälter auf der Erde.
- ☐ Es wäre viel wärmer auf der Erde.
- ☐ Die Temperatur würde gleichbleiben.
- ☐ Es wäre viel dunkler auf der Erde.

S5

6. Woher stammt die Energie, die bei der Verbrennung von Pflanzenteilen frei wird?

- ☐ Aus der Sonne
- ☐ Aus dem CO<sub>2</sub> in den Pflanzen
- ☐ Aus der Spaltung von Wasser
- ☐ Aus der Flamme

S6

7. Welche dieser Bereiche müssen dringend beachtet werden, um die Energiewende gut zu schaffen?

- ☐ Ökonomie, Ökologie, Soziales
- ☐ Ökonomie, Recycling, Soziales
- ☐ Ökologie, Well-being, Soziales
- ☐ Ökonomie, Demokratie, Soziales

S7

8. Welche Kraftwerke sollen bei der Energiewende die Atomkraftwerke **nicht** ablösen?

- ☐ Windkraftanlagen
- ☐ Kohlekraftwerke
- ☐ Biogaskraftwerke
- ☐ Wasserkraftwerke

S8



**5b.) Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!**

<p>9. Erdöl entsteht über Jahrmlionen aus...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Abgestorbenen Meeresorganismen</li> <li><input type="checkbox"/> Gepresstem Sand</li> <li><input type="checkbox"/> Unterirdischen Methanblasen</li> <li><input type="checkbox"/> Absonderungen von schwarzen Rauchern in der Tiefsee</li> </ul> <p style="text-align: right;">S9</p>	<p>10. Bis wann sollen die Atomkraftwerke in Bayern abgeschaltet werden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 2043</li> <li><input type="checkbox"/> 2022</li> <li><input type="checkbox"/> 2015</li> <li><input type="checkbox"/> 2030</li> </ul> <p style="text-align: right;">S10</p>
<p>11. Welche Schwierigkeiten könnten sich für Sie ergeben, wenn Kraftwerke mit hoher Leistung abgeschaltet werden und nicht rechtzeitig für Ersatz gesorgt wird?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Die Gasheizung funktioniert nicht</li> <li><input type="checkbox"/> Der Elektroherd wird nicht heiß</li> <li><input type="checkbox"/> Autofahren wird teurer</li> <li><input type="checkbox"/> Radioaktive Strahlung wird freigesetzt</li> </ul> <p style="text-align: right;">S11</p>	
<p>12. Was steht <u>nicht</u> im Erneuerbare-Energien-Gesetz?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung ermöglichen</li> <li><input type="checkbox"/> Nutzung fossiler Energieressourcen ausbauen</li> <li><input type="checkbox"/> Weiterentwicklung der Technologie zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Quellen</li> <li><input type="checkbox"/> Regeln zur Einspeisung von Strom</li> </ul> <p style="text-align: right;">S12</p>	
<p>13. Wie kann man Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre direkt reduzieren?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Bäume anpflanzen</li> <li><input type="checkbox"/> Fahrrad fahren</li> <li><input type="checkbox"/> Holz als Brennstoff verwenden</li> <li><input type="checkbox"/> Kleidung aus Naturfasern tragen</li> </ul> <p style="text-align: right;">H1</p>	<p>14. Unter welchen Bedingungen produzieren Archaeobakterien am effektivsten Biogas?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Aerobe Bedingungen, 35°C</li> <li><input type="checkbox"/> Anaerobe Bedingungen, 15°C</li> <li><input type="checkbox"/> Aerobe Bedingungen, 45°C</li> <li><input type="checkbox"/> Anaerobe Bedingungen, 35°C</li> </ul> <p style="text-align: right;">S13</p>

**5c.) Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!**

15. Wie viel % des Energieverbrauchs im Haushalt könnte eingespart werden, wenn Sie statt Autozufahren nur noch zu Fuß gehen oder mit dem Fahrrad fahren würden?

- ☐ 80%
- ☐ 50%
- ☐ 30%
- ☐ 15%

W1

16. Wie könnte man den Tank-Teller-Konflikt am ehesten vermeiden?

- ☐ Indem man verhindert, dass ein Auto Benzin aus dem Tank verliert.
- ☐ Indem man verhindert, dass Trinkwasser mit Treibstoff verunreinigt wird.
- ☐ Indem man keinen Treibstoff aus Nahrungsmitteln gewinnt.
- ☐ Indem man den Schadstoffausstoß von Motoren minimiert.

H2

17. Sie machen ein Experiment bei dem Sie mit Hilfe eines Flügelrades und eines Generators Ökostrom produzieren möchten, um ein Lämpchen zum Leuchten zu bringen. Welche Energiequelle dürfen sie für diesen Versuch nicht nutzen?

- ☐ Ethanol
- ☐ Wind
- ☐ Wasser
- ☐ Benzin

H3

18. Mit Hilfe eines Fahrraddynamos können Sie fast ohne den Verbrauch von Rohstoffen abends Ihren Nachhauseweg beleuchten. Welche Aufgabe hat der Dynamo dabei genau?

- ☐ Er wandelt elektrische Energie in mechanische Energie um.
- ☐ Er wandelt mechanische Energie in Lichtenergie um.
- ☐ Er wandelt mechanische Energie in elektrische Energie um.
- ☐ Er wandelt chemische Energie in Lichtenergie um.

S14

**5d.) Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!**

<p>19. Für welche Tätigkeit verwenden wir besonders viel Energie aus fossilen Energieträgern?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 100px;"> <input type="checkbox"/> Transport  <input type="checkbox"/> Grillen  <input type="checkbox"/> Beleuchtung von Räumen  <input type="checkbox"/> Computernutzung         </div> <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: small;">H4</div>	<p>20. Wie viel ml Heizöl können energetisch mit ca. 230 g trockenem Buchenholz eingespart werden?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 100px;"> <input type="checkbox"/> 100 ml  <input type="checkbox"/> 200 ml  <input type="checkbox"/> 300 ml  <input type="checkbox"/> 1000 ml         </div> <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: small;">W2</div>
<p>21. Sie möchten zu Hause Energie sparen. Doch welche dieser Maßnahmen ist eher <b><u>nicht sinnvoll?</u></b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 100px;"> <input type="checkbox"/> zu duschen statt ein Vollbad zu nehmen.  <input type="checkbox"/> sein Handy möglichst in der Schule zu laden.  <input type="checkbox"/> im Winter auch in der Wohnung wärmere Kleidung zu tragen.  <input type="checkbox"/> LED-Lampen für die Beleuchtung zu verwenden.         </div> <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: small;">H5</div>	
<p>22. Welcher dieser Prozesse kann als nachhaltig bezeichnet werden?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 100px;"> <input type="checkbox"/> Wenn nutzbare Energie nur aus Biomasse gewonnen wird.  <input type="checkbox"/> Wenn das CO<sub>2</sub>, das bei der Nutzung von Bioenergie frei wird, besonders lange in der Atmosphäre bleibt.  <input type="checkbox"/> Wenn genau so viel CO<sub>2</sub> von Pflanzen fixiert wird, wie bei der Nutzung von Bioenergie frei wird.  <input type="checkbox"/> Wenn die Bioenergiepflanzen besonders widerstandsfähig gezüchtet werden.         </div> <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: small;">W3</div>	
<p>23. Eine 20W Sparlampe bringt in etwa die gleiche Leistung wie eine 100W Glühbirne. Wie viel länger kann eine Sparlampe mit 1kWh brennen im Gegensatz zu einer Glühbirne?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 100px;"> <input type="checkbox"/> 20 mal so lange  <input type="checkbox"/> 5 mal so lange  <input type="checkbox"/> 200 mal so lange  <input type="checkbox"/> Sie brennen genauso lange         </div> <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: small;">W4</div>	
<p>24. Was ist <b><u>kein Grund</u></b> sich zum Heizen der Wohnung für Holz statt Heizöl zu entscheiden?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 100px;"> <input type="checkbox"/> Holz wächst nach.  <input type="checkbox"/> Bei der Verbrennung von Holz wird weniger Kohlenstoffdioxid freigesetzt.  <input type="checkbox"/> Holz kann vor Ort produziert werden.  <input type="checkbox"/> Bei der Nutzung von Holz als Brennstoff werden fossile Rohstoffe eingespart.         </div> <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: small;">W5</div>	

**5e.) Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!**

25. Um wie viel % kann der Wirkungsgrad eines durchschnittlichen Wärmekraftwerkes erhöht werden, wenn entstehende Abwärme für Heizung und Warmwasser nahegelegener Gebäude (Kraft-Wärme-Kopplung) genutzt wird?

- ☐ Von ca. 30% auf ca. 60%
- ☐ Von ca. 80% auf ca. 90%
- ☐ Von ca. 40% auf ca. 90%
- ☐ Von ca. 50% auf ca. 60%

W6

26. Archaeobakterien stellen aus Biomasse Biogas her. Wie geht möglichst wenig Anbaufläche, die auch für den Nahrungsmittelanbau verwendet werden kann, für die Biomasseproduktion verloren?

- ☐ Man kauft Biomasse, die auf einem anderen Bauernhof gewachsen ist.
- ☐ Man verwendet Grünschnitt und Gülle.
- ☐ Man gibt Cadmiumsalze zu, damit Archaeobakterien effizienter arbeiten.
- ☐ Man verwendet einen besonders hohen Maisanteil in der Anlage.

H6

27. Welche Handlung unterstützt den ersten Schritt zur Energiewende am sinnvollsten?

- ☐ Wenn Sie z.B. Für den Betrieb des Wäschetrockners Strom aus Erdgas nutzen.
- ☐ Wenn Sie z.B. Statt eines alten Wäschetrockners einen Wäschetrockner der Energieeffizienzklasse A++ verwenden.
- ☐ Wenn Sie z.B. Wäsche auf der Wäscheleine statt im Wäschetrockner trocknen.
- ☐ Wenn Sie z.B. Für den Betrieb des Wäschetrockners Ökostrom nutzen.

H7

28. Welche Folgen kann der Anbau von Bioenergiepflanzen für das Ökosystem haben?

- ☐ Eingewanderte Bienenarten vermehren sich stark und verdrängen die einheimischen.
- ☐ Pflanzenfresser finden mehr Nahrung und vermehren sich stark.
- ☐ Verlust von Artenvielfalt durch großflächigen Anbau der gleichen Pflanze
- ☐ Tiere können sich an den Bioenergiepflanzen vergiften.

S15

**5f.) Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!**

29. Wenn Sie ein Produkt kaufen wollen, das keine fossilen Rohstoffe enthält (Verpackung ausgenommen), kaufen Sie am besten:	
<input type="checkbox"/> paraffinhaltige Kosmetikprodukte <input type="checkbox"/> ein Oberteil aus Polyester <input type="checkbox"/> eine Tüte aus Polyethylen <input type="checkbox"/> ausgewiesene Naturkosmetik	H8

30. Wie viel % an Benzin könnte man durch konsequente Nutzung von E100 einsparen?	
<input type="checkbox"/> Ca. 10% <input type="checkbox"/> Ca. 50% <input type="checkbox"/> Ca. 80% <input type="checkbox"/> Ca. 100%	W7

31. Was bringt im Vergleich die größte Stromausbeute pro Jahr?	
<input type="checkbox"/> Windkraftanlage <input type="checkbox"/> Solarmodul (10m <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> Großes Wasserkraftwerk <input type="checkbox"/> Biogasanlage	W8

32. Man kann den Verbrauch fossiler Treibstoffe reduzieren, indem man ...	
<input type="checkbox"/> ... kohlenwasserstofffreies Benzin verwendet . <input type="checkbox"/> ... Bioethanol zum Desinfizieren von Oberflächen verwendet. <input type="checkbox"/> ... aus Pflanzenöl hergestelltes Biodiesel verwendet. <input type="checkbox"/> ... aus Erdöl hergestelltes Kerosin verwendet.	H9

33. Zwei Personen reisen von Nürnberg nach Wien. Person Z nimmt das Auto, Person F den Bus (30 Mitfahrer). Welche Aussage ist richtig?	
<input type="checkbox"/> Person F braucht für die Reise etwa sechsmal weniger Energie als Person Z. <input type="checkbox"/> Person F braucht für die Reise etwa die Hälfte der Energie von Person Z. <input type="checkbox"/> Person Z braucht für die Reise etwa die Hälfte der Energie von Person F. <input type="checkbox"/> Beide brauchen gleich viel Energie für die Reise.	W9

**Vielen Dank!**

## Danksagung

*Der höchste Lohn für unsere Bemühungen ist nicht das, was wir dafür bekommen, sondern das, was wir dadurch werden.*

John Ruskin

Ich möchte mich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Franz X. Bogner, für das Vertrauen und die Freiheiten, die ich während meiner Zeit am Lehrstuhl genießen durfte, bedanken. Vielen Dank für die vielen Möglichkeiten, sich auszuprobieren und Verantwortung zu übernehmen, und noch einen größeren Dank für das Gefühl, bei großen Hindernissen auf Ihre Hilfe zählen zu können.

Außerdem möchte ich mich bei allen Mitarbeitern am Lehrstuhl Didaktik der Biologie bedanken, die mich auf meinem Weg begleitet haben, bei denen ich immer ein offenes Ohr, konstruktives Feedback und Lösungen für Probleme gefunden und mit denen ich sonnige und spaßige Stunden verbracht habe.

Ich danke auch allen Schülern und Lehrern, die an meiner Studie teilgenommen haben.

Und natürlich danke ich auch allen Freunden und meiner Familie, die mich während meiner Promotionszeit mental und moralisch unterstützt haben und die Verständnis dafür hatten, dass so manches Wochenende nicht für gemeinsame Aktivitäten zur Verfügung stand.

## **(Eidesstattliche) Versicherung und Erklärung**

(§ 5 Nr. 4 PromO)

*Hiermit erkläre ich, dass keine Tatsachen vorliegen, die mich nach den gesetzlichen Bestimmungen über die Führung akademischer Grade zur Führung eines Doktorgrades unwürdig erscheinen lassen.*

(§ 8 S. 2 Nr. 5 PromO)

*Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass die elektronische Fassung meiner Dissertation unter Wahrung meiner Urheberrechte und des Datenschutzes einer gesonderten Überprüfung hinsichtlich der eigenständigen Anfertigung der Dissertation unterzogen werden kann.*

(§ 8 S. 2 Nr. 7 PromO)

*Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass ich die Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.*

(§ 8 S. 2 Nr. 8 PromO)

*Ich habe die Dissertation nicht bereits zur Erlangung eines akademischen Grades anderweitig eingereicht und habe auch nicht bereits diese oder eine gleichartige Doktorprüfung endgültig nicht bestanden.*

(§ 8 S. 2 Nr. 9 PromO)

*Hiermit erkläre ich, dass ich keine Hilfe von gewerbliche Promotionsberatern bzw. Vermittlern in Anspruch genommen habe und auch künftig nicht nehmen werde.*

Bayreuth, .....

Ort, Datum, Unterschrift